

Samband mellan ståndortsfaktorer, genetik och historiska skördedata från tall- och granfröplantager

– krävs ökad precision vid val av lokaler för nya
fröplantager?

*Investigation of relationships between site characteristics, genetics
and historic seed yield from Scots pine and Norway spruce seed
orchards -is there a need for further considerations when choosing
sites for future seed orchards?*

Martina Lundkvist

Examensarbete • (30 hp)
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Jägmästarprogrammet
ISSN 1654-1898
Umeå 2021



Samband mellan ståndortsfaktorer, genetik och historiska skördedata från tall- och granfröplantager – krävs ökad precision vid val av lokaler för nya fröplantager?

Investigation of relationships between site characteristics, genetics and historic seed yield from Scots pine and Norway spruce seed orchards -is there a need for further considerations when choosing sites for future seed orchards?

Martina Lundkvist

Handledare: Daniel Gräns, Skogsmästarskolan
Bitr. handledare: Ulfstand Wennström, Skogforsk
Bitr. handledare: Daniel Hägglund, Holmen Skog AB
Examinator: Tommy Mörling, Sveriges lantbruksuniversitet, Skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: A2E
Kurstitel: Examensarbete i skogsvetenskap vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kurskod: EX0959
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2021
Omslagsbild: Martina Lundkvist
Serietitel: Examensarbeten
Delnummer i serien: 2021:13
ISSN: 1654-1898

Nyckelord: variansanalys, fröproduktion, jordartstextur, temperatursumma, altitud, sydförflyttning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Fröplantager används i stor skala för att dra nytta av vinsterna från den genetiska skogsträdsförädlingen. I denna studie undersöktes eventuella samband mellan historiska skördedata från fröplantager (82 tall- och 34 granfröplantager) och faktorerna jordartstextur, dränering, temperatursumma, altitud, sydförflyttning samt plantagematerialets genetiska vinst. Av de 82 tallfröplantager som ingick i studien besöktes 18 i fält för att komplettera existerande data gällande jordartstextur och dränering. För resterande plantager utgick studien enbart från sedan tidigare tillgängliga uppgifter.

Variansanalys och Post hoc-test användes för att undersöka skillnader i fröskörd kopplade till de olika förklaringsvariablerna. Variationen var stor gällande skörd för både tall och gran. Analysen för tall visade signifikanta samband mellan fröskörd och jordartstextur samt mellan fröskörd och plantagematerialets genetiska vinst. För gran konstaterades ett signifikant samband endast mellan fröskörd och plantagematerialets genetiska vinst. Skördarna från tallplantager växande på texturklassen ”lera-silt” hade varit lägre än för texturklassen ”lera”. Skörden från tallfröplantager med en genetisk vinst på 12,5–25 % hade varit signifikant högre än i tallfröplantager med en genetisk vinst på 10 %. För granfröplantager med en genetisk vinst på 10 % hade skörden varit signifikant högre än i granfröplantager med en genetisk vinst på 12,5–25 %. Resultaten indikerade även att fuktighet och dräneringsmöjligheter borde undersökas vid val av lämplig framtida fröplantagemark.

Att undersöka möjliga samband mellan operationella tall- och granfröplantagers historiska fröskördar och givna ståndortsfaktorer innebar utmaningar eftersom inga data från specifika försök ingick i studien. Möjligheten gavs ändå att öka kunskapen kring möjliga direkta eller indirekta samband eller avsaknaden av samband mellan fröskörd och ståndortsfaktorer.

Nyckelord: variansanalys, fröproduktion, jordartstextur, temperatursumma, altitud, sydförflyttning

Abstract

Seed orchards are utilized as a way of transferring gains obtained by genetic tree improvement programs into the forest. This study focused on investigating possible relationships between previous seed harvest data and site characteristics (i.e. soil type, soil texture, drainage, temperature sum and altitude). Also, possible associations between seed yield and geographic transfer of the seed orchard material as well as its level of genetic gain were analyzed. For a subset 18 pine seed orchards, field sampling of soil type, texture and drainage was carried out in addition to the compilation of data from existing sources. For all the remaining seed orchards (82 pine and 34 spruce), the study was based on already available data.

Analysis of variance as well as Post hoc tests with Tukey's correction were used to examine differences in seed yield and possible relationships with explanatory variables.

There was a large variation between different seed orchards in terms of seed yield. Differences for pine seed yield were also found between soil textures. For both pine and spruce, there was a correlation between seed yield and level of genetic gain. Pine seed yield on sites with clay-silt texture was significantly lower than for the "clay" texture sites. Pine seed orchards with a genetic gain of 12.5–25 % had produced significantly larger seed crops than seed orchards with a genetic gain of 10 %. Spruce seed orchards with a genetic gain of 10 % had a higher seed yield than seed orchards with a genetic gain of 12.5–25 %. The results also indicated that the moisture class and possibilities to improve water drainage should be considered when choosing suitable sites for new seed orchards.

Investigating possible relationships between operational pine and spruce seed orchards' historical seed yields and given site characteristics posed challenges. However, it offered an opportunity to strengthen the knowledge about possible direct or indirect associations or lack of such associations regarding the above-mentioned factors.

Keywords: analysis of variance, seed production, soil texture, altitude, latitudinal transfer

Förord

Detta examensarbete utfördes vid Institutionen för Skogens ekologi och skötsel vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå och omfattar 30 hp inom jägmästarprogrammet. Arbetet utfördes under hösten 2020 i samarbete med Holmen Skog AB och Skogforsk. Under arbetets gång har det funnits många personer till hjälp och jag vill rikta ett stort tack till er:

Daniel Gräns, Universitetslektor vid Skogsmästarskolan som varit min handledare och som varit till hjälp och stöd under arbetets gång.

Ulfstand Wennström, Seniorforskare på Skogforsk och Daniel Hägglund, Sektionschef Frö och Plant vid Holmen Skog AB som varit biträdande handledare med bra stöd och samarbete.

Hilda Edlund, Universitetsadjunkt vid Institutionen för skoglig resurshushållning för hjälp med de statistiska analyserna.

Ulrik Ilstedt, Forskare och Johannes Larson, Doktorand vid Institutionen för ekologi och skötsel för hjälp med utformningen av jordarts- och texturinventeringen samt hjälp med osäkra jordartsprover.

Claes Ugglå, Specialist skogsodlingsmaterial på Skogsstyrelsen som bistått med skördedata.

Mats Berlin, Forskare på Skogforsk och Curt Almqvist, Seniorforskare på Skogforsk som bistått med diverse uppgifter om fröplantagerna.

Lars Norman, Universitetsadjunkt vid Skogsmästarskolan och Jonas Jonzen, Forskningsingenjör vid Institutionen för skoglig resurshushållning för hjälp och stöd i GIS.

Alla fröplantageägare som hjälpte till att verifiera koordinaterna för fröplantagerna och delade med sig av information som underlättade mycket.

Min mamma Piamaria Lundkvist, som hjälpte till vid fältinsamlingen.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	10
Figurförteckning.....	11
1. INLEDNING	14
1.1. Bakgrund	15
1.1.1. Samband mellan genetik, ståndortsfaktorer och fröskörd	17
1.1.2. Markförhållanden – jordart, textur och dränering.....	17
1.1.3. Genetisk vinst	20
1.1.4. Klimatfaktorer	20
1.1.5. Produktionshöjande skötselåtgärder	22
1.2. Syfte.....	23
1.3. Hypoteser	23
2. MATERIAL OCH METOD	25
2.1. Material	25
2.1.1. Fröplantager och skördedata	25
2.1.2. Fältutrustning	27
2.2. Metod.....	28
2.2.1. Datainsamling i fält.....	28
2.2.2. Datasammanställning från existerande källor.....	31
2.2.3. Statistiska analyser	34
2.2.4. Övriga analyser.....	36
3. RESULTAT.....	38
3.1. Fröskörd allmänt.....	38
3.2. Samband mellan skördedata och ståndortsfaktorer samt genetisk vinst....	44
3.2.1. Markförhållanden- jordart och textur.....	44
3.2.2. Genetisk vinst	46
3.2.3. Temperatursumma.....	50
3.2.4. Altitud	50
3.2.5. Sydförflyttning	51
3.3. Övriga analyser	51

3.3.1.	Lutning	51
3.3.2.	Markförhållanden- dränering.....	51
4.	DISKUSSION	54
4.1.	Skillnaden mellan historiska data från operationell fröplantageverksamhet och data från anlagda fältförsök	54
4.2.	Fröskörd allmänt.....	54
4.3.	Markförhållanden – Jordart, textur och dränering	55
4.4.	Genetisk vinst	58
4.4.1.	Genetisk vinst kopplat till fröskörd	58
4.4.2.	Genetisk vinst kopplat till tidpunkt för första skörd.	59
4.5.	Klimatmässiga och topografiska faktorer - temperatur, altitud, sydförflyttning och lutning.....	60
4.5.1.	Temperatursumma.....	60
4.5.2.	Altitud	61
4.5.3.	Sydförflyttning	61
4.5.4.	Lutning	62
4.6.	Produktionshöjande skötselåtgärder	63
4.7.	Styrkor och begränsningar i arbetet samt möjligheter till framtida studier ..	63
5.	SLUTSATS.....	66
6.	Referenslista	67
7.	BILAGOR	72
7.1.	Bilaga 1. Estimat, standardavvikelse och p-värde från Post hoc- Tukey test av tall- och granfröskörden uttryckt som FS_a respektive FS_b uppdelat på de faktorer som var statistiskt signifikanta i variansanalysen (faktorer i modellen som inte var signifikanta rapporteras som NS i tabellen.	72
7.2.	Bilaga 2. Fröplantagenummer och namn för de exkluderade tall- och granfröplantagerna.....	74
7.3.	Bilaga 3. Gruppering av texturklasserna från jordartskartan inför analysen. 76	
7.4.	Bilaga 4. Fröplantagenummer och namn för de 82 analyserade tallfröplantagerna.	77
7.5.	Bilaga 5. Fröplantagenummer och namn för de 34 analyserade granfröplantagerna.....	80
7.6.	Bilaga 6. Referenser till skördestatistik mellan år 1968–1988 från Institutet för skogsförbättring.	81
7.7.	Bilaga 7. Protokoll markinventering (tagtags användes i fält)	83

Tabellförteckning

Tabell 1. Texturklasser för de 18 i fält besökta tallfröplantagerna belägna i norra Sverige respektive de texturklasser som analyserades utifrån jordartskartan.....	33
Tabell 2. P-värden från variansanalys av fröskörd från tall- och granfröplantager i åldrarna 0–20 år (FS _a) respektive 21–40 år (FS _b) uppdelat på de påverkande faktorerna, med en signifikansnivå på 5 %.....	44
Tabell 3. Validering av jordartskartans textur genom jämförelse med i fält insamlade data för jordart från 16 av de besökta tallfröplantagerna belägna i norra Sverige.....	45
Tabell 4. Gleyfärgsförekomst i de 18 tallfröplantager i norra Sverige som besöktes och inventerades i fält.....	52

Figurförteckning

Figur 1. Geografisk placering av de fröplantager som ingick i studien, inklusive de som besöktes i fält. Tallfröplantagerna har markerats med blå symboler och granfröplantagerna med svarta symboler ©Lantmäteriet (2020b) Terrängkartan.....	26
Figur 2. Geografisk placering av de besökta tallfröplantagerna (markerade med blå symboler). ©Lantmäteriet (2020b) Terrängkartan.	27
Figur 3. Utrustning som användes för insamling av data i fält.	28
Figur 4. Klassificering av jordartens textur (SLU 2019).	30
Figur 5. Medelvärde av fröskörden (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats)/plantageår (år från anläggning) (FS_d)) från tallfröplantager där jordartstextur anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).....	39
Figur 6. Medelvärde (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats) (FS_c)) av total fröskörd från tallfröplantager där jordartstextur anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).....	41
Figur 7. Medelvärde av fröskörden (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats)/plantageår (år från plantageanläggning) (FS_d)) från granfröplantager där jordartstexturen anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).	42
Figur 8. Medelvärde (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats) (FS_c)) av total fröskörd från granfröplantager där jordartstexturen anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).....	43
Figur 9. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår) i tallfröplantager i ålder 21–40 uppdelat på texturklasserna lerig morän, lera, lera-silt, silt, sandig morän, samt sand.	45
Figur 10. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår) uppdelat på genetisk vinst för tallfröskördar vid plantageålder 21–40 år och granfröskördar vid plantageålder 0–20 år.	46

Figur 11. Tidpunkten för när tallfröplantager i genomsnitt skördats för första gången uppdelat i klasser baserade på plantagernas genetiska vinst (10 %, 12,5 % och 25 %).	47
Figur 12. Tidpunkter för när granfröplantager i genomsnitt skördats för första gången uppdelat i klasser baserat på genetiska vinst (10 %, 15 % och 25 %) i granfröplantager.	48
Figur 13. Genomsnittlig plantageålder vid första plockning av EttO, TvåO och TreO-tallfröplantager.	48
Figur 14. Genomsnittlig plantageålder vid första plockning i EttO, TvåO och TreO-granfröplantager.	49
Figur 15. Åldersfördelningen gällande TreO-fröplantager (tall respektive gran) som inte ännu hade plockats för första gången.	49
Figur 16. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår (FS _c)) i förhållande till områdets temperatursumma för tall- respektive granfröplantager.	50
Figur 17. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår (FS _c)) i förhållande till plantagens altitud uppdelat på tall- respektive granfröplantager.	50
Figur 18. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår (FS _c)) i förhållande till plantagematerialets sydförflyttning uppdelat på tall- respektive granfröplantager.	51

1. INLEDNING

Fröplantager har varit och är fortfarande den vanligaste metoden som används för att dra nytta av vinsterna från den genetiska skogsträdsförädlingen (Almqvist & Wennström 2020). En fröplantage är en plantering av utvalda träd, så kallade ympar, som planteras på en plan och upparbetad mark i syfte att producera frö till skogsförnyringen (Lindgren & Prescher 2008).

Förädlingsarbetets främsta mål är att säkra tillgången på förädlad frö, minska risken för sjukdomar och skadegörare samt öka virkesproduktionen (Rosvall et al. 2016) och virkeskvaliteten (Wennström et al. 2016). I arbetet med att uppnå en högre virkesproduktion i Sverige är skogsträdsförädling en av de mest betydelsefulla delarna och arbetet bidrar till att skogen växer fortare, gallringar kan tidigareläggas och omloppstiden förkortas (Rosvall et al. 2016). Förädlade träd kan i dagsläget ge 10–20 procent högre tillväxt jämfört med beståndsfröplantor och även en högre överlevnad i norra Sverige beroende på vilken förädlingsnivå materialet i fröplantagen har (Almqvist & Wennström 2020). Förädlingen kan även bidra till att möta klimatförändringen genom att framställa förädlingsmaterial som lämpar sig för framtida klimatscenarier (Rosvall et al. 2016).

Det finns flera fördelar med förädlad material jämfört med oförädlad. De förädlade träden är mer beständiga, har högre överlevnadspotential och bättre kvalitet ur många aspekter (Rosvall et al. 2016). I jämförelse med beståndsfrö, som samlas in i skogen, har frö från plantager oftast bättre och mer regelbunden frökvalitet (Wennström et al. 2016). Priset för de förädlade plantorna är dessutom endast marginellt högre än för de oförädlade (Rosvall et al. 2016).

Både tall och gran är sambyggare vilket innebär att samma träd både har han- och honblommor (Karlsson et al. 2017), vilket har gjort att träden anpassat sig för att undvika att pollinera sig själva. Det är delvis en anpassning genom att honblommorna är belägna högre upp i kronan än hanblommorna, men också genom att honblommorna kan pollineras före hanblommornas pollen släpps (Wennström et al. 2016).

Tallen och granen har liknande tillvägagångssätt vid reproduktion, men skiljer sig åt på några sätt. Likheten ligger främst i att båda är vindpollinerade, däremot skiljer

sig deras fröcykel åt (Wennström et al. 2016). Tallens fröcykel är treårig medan granens är tvåårig, vilket innebär att det tar tre respektive två år från det att blomman initierats till moget frö (Wennström et al. 2016).

Följande sammanfattning av blomning och kottproduktion för tall respektive gran bygger på en beskrivning i Wennström et al. (2016). Blomningen är mer regelbunden för tall än för gran. För tall sker blomningen så gott som alla år men kan variera i omfattning mycket från år till år. Gran producerar däremot mycket kottar vissa år, så kallade kottår och nästan inget däremellan. Mängden kottar kan variera mycket mellan år och omfattande blomning behöver inte alltid betyda att det skapas mycket kottar. När det gäller tall så är kottproduktionen oftast högre i södra Sverige än i norra, där kottåren också förekommer mer frekvent. Dessa skillnader över landet förekommer inte på samma sätt för gran.

Frömognaden är densamma för tall och gran och sker i två utvecklingsfaser; den anatomiska och den fysiologiska. Under den anatomiska frömognaden sker den fysiska tillväxten av fröet och denna fas präglas av celldelning medan den fysiologiska frömognaden karaktäriseras bland annat av att sockerarter omlagras till fetter. Detta sker parallellt och när det fysiologiska mognadsstadiet är klart uppnås full grobarhet (Wennström et al. 2016).

1.1. Bakgrund

Sveriges genetiska förädling av skogsträd har pågått sedan 1936 och i början låg fokus på att välja ut plusträd, det vill säga träd med bra egenskaper för skogsproduktion, som underlag för fröplantagerna (Eriksson et al. 2006). Planerna på att anlägga fröplantager blev allt mer realiserbara under 1940-talet efter vägledande försök, plusträdsregistrering, ympframställning och undersökning av kloner (Dietrichson et al. 1982). Sverige var ett av världens första länder att etablera fröplantager i industriell omfattning (Lindgren & Prescher 2008). Den första omgångens fröplantager som etablerades, allmänt kallade EttO-fröplantagerna, inleddes med tallfröplantaget Drögsnäs (FP-478) år 1949 (Almqvist et al. 2007). Därefter anlades både tall- och granfröplantager och kriterierna för val av plusträd var då ”volymproduktion, sundhet och kvalitetsegenskaper, men även veddensiteten vägdes in i begränsad omfattning vid urvalet” (Almqvist et al. 2007:4).

Under efterföljande 30-årsperiod etablerades inom förädlingsprogrammen avkomme-försök baserade på fröplantagernas kloner och även omfattande försöksarbete utfördes gällande fröplantageskötsel (Dietrichson et al. 1982). För att skapa de bästa förutsättningarna till fortsatt produktion av förädlad frö på lång sikt

påbörjades en andra omgång tall- och granfröplantager, allmänt kallade TvåO-fröplantagerna, under 1980-talet (Almqvist et al. 2007). Denna omgång byggde delvis på testade plusträd från den tidigare omgången, men främst på nya plusträd där kriterierna för urval även denna gång var ”volymproduktion, sundhet, kvalitetsegenskaper och densitet” (Almqvist et al. 2007:4). Enligt Almqvist et al. (2007) fanns även ett kriterie om bra hårdighetsegenskaper för klimatområden i norra Sverige och för dessa områden utfördes frystester på plantorna för att selektera fram tallar med tidig invintring. I början av 2000-talet utökades och förnyades fröplantagearealen ytterligare då den tredje omgångens fröplantager anlades, allmänt kallade TreO-fröplantagerna. Alla ingående kloner i TreO-fröplantagerna var testade och utvalda från avkommebedömningar, det vill säga odlingstest med avkommor från plusträden (Almqvist et al. 2007).

I Sverige fanns det år 2016 totalt 38 granfröplantager i produktion med olika förädlingsnivå och ålder (Rosvall et al. 2016) och av de granplantor som såldes i landet 2019 kom 67 % från fröplantager (Almqvist & Wennström 2020). Av tallfröplantager i produktion fanns samma år fler än 60 stycken (Rosvall et al. 2016) och 97 % av de sålda tallplantorna kom från fröplantager år 2019 (Almqvist & Wennström 2020).

Andelen frö från fröplantager har ökat med tiden och kommer troligen fortsätta öka allt eftersom nya fröplantager anläggs (Rosvall et al. 2016). Efter hand kommer dock ett tak uppnås då nya fröplantager anläggs i samma takt som de gamla avvecklas. Trots det stora utbudet av förädlad material finns det enligt Almqvist och Wennström (2020) idag en brist på plantagefrö för gran i stora delar av Sverige och för tall i Norrbotten samt i Sveriges sydliga län. Författarna poängterar att intresset för förädlade plantor är stort hos skogsägarna, men att bristen på plantagefrö begränsar användningen i dagsläget.

Ett sätt att reducera fröbristen på längre sikt är att anlägga fler fröplantager (Almqvist & Wennström 2020). Allt eftersom förädlingen utvecklas tillräckligt mycket för att kunna ge skäl för nyanläggning, uppskattningsvis vart 20:e år, kan satsningen på förädlad material fortgå genom denna nyanläggning (Wennström et al. 2016). En fröplantage når full fröproduktionsfas efter cirka 15–20 år och har normalt en livslängd på cirka 40 år (Almqvist et al. 2007). Tiden från det att fröplantagen etableras till att fröproduktionen kommer igång skiljer sig mellan trädslag och fröplantager (Rosvall et al. 2016). För tall kan det ta cirka 5–10 år innan produktionen startar, medan det för gran vanligtvis dröjer minst 10 år (Rosvall et al. 2016). Den genetiska vinsten (se avsnitt 1.1.3) bedöms vara cirka 10 procentenheter högre för materialet i varje ny omgång fröplantager under de tre kommande plantageomgångarna. En del av vinsten förloras dock på grund av pollinering av omgivande träd, så kallad bakgrundspollinering (Wennström et al.

2016). Förädlingsarbetet fortgår alltså löpande och Hägglund¹ meddelar att skogsbranschen planerar för att anlägga en ny fjärde omgång fröplantager under 20-talet.

1.1.1. Samband mellan genetik, ståndortsfaktorer och fröskörd

Det finns många faktorer som påverkar blomningen och fröskörden hos tall och gran. I en studie av Ilstedt (1982:2) nämns följande: ”Arvsanlag, trädstorlek och form, ålder, ympnings- och framställningsteknik, ljusförhållanden, fotoperiodiska förhållanden, fukt i luft och mark, näringsförhållanden i växt och mark, jordmånens och mineraljordens fysiologiska egenskaper, makro- och mikroklimat, främst då temperaturen i luften men även i marken, hormonella och fysiologiska förhållanden i växten, de senaste årens blomning och kottsättning, gödsling, beskärning ovan och under mark, strangulering samt destruktiva krafter exempelvis väder, svamp, insekter och däggdjur.” Det finns alltså både abiotiska (”icke-levande”) och biotiska (”levande”) faktorer (Lundmark 1986a), som kan ha en påverkan på storleken på fröskörden och dessa kan sam-/motverka varandra. Ett flertal av dessa är ståndortsfaktorer, det vill säga faktorer som kan påverka växters livsmiljö (Lundmark 1988), såsom fukt, jordart och makro-/mikroklimat. Eftersom årliga skördedata löpande samlats in i landets fröplantager finns möjligheter att undersöka eventuella kopplingar mellan fröskörd och ståndortsfaktorer samt även eventuella samband med genetisk vinst i operationella fröplantager. Detta skulle kunna förbättra kunskapen kring vad som påverkar fröskördarna inför anläggandet av den fjärde omgången fröplantager.

1.1.2. Markförhållanden – jordart, textur och dränering

Jordmaterial kan delas in i olika så kallade jordarter, exempelvis moräner som är en blandning av kornstorlekar och sediment som har ett sorterat material (Lundmark 1986b). Jordarternas namn baseras på den dominerande kornstorleken och för att beskriva kornstorleksfördelningen i en jord används begreppet textur. För att bestämma jordartens textur kan ett rullningsprov utföras (se avsnitt 2.2.1) utifrån kornstorleksskala och form- och rullbarhet (se figur 4) (SLU 2019). Utifrån kornstorleken delas moränerna in i texturklasserna ”lerig”, ”mjällig”, ”moig”, ”SANDIG-moig”, ”sandig-MOIG”, ”sandig”, ”grusig”, ”blockig/stenig” och ”block i groppen”. Sedimenten delas in i texturklasserna ”ler”, ”mjäla”, ”finmo”, ”grovmo”, ”mellansand”, ”grovsand”, ”grus”, ”klapper och sten” samt ”block i groppen”.

Jordmånen är det översta skiktet i marken och det finns ett antal olika klassificeringar av jordmåner. En typ av jordmån är kulturjordmån som kommit till genom mänsklig

¹ Daniel Hägglund, Holmen Skog, intervju 2020-11-03

aktivitet och karaktäriseras av ett matjordstäck, överst i jordmånen, vars djup beror på hur djupgående plogen har varit (Andréasson 2006). Under matjordstäckets finns den opåverkade mineraljorden, den allmänt kallade "grunden".

Markens egenskaper påverkas av flera faktorer. Exempel på faktorer är vattenhållande förmåga, geografiskt läge, näring, pH-värde och den geologiska sammansättningen (kornstorlek och andel organiskt "ofullständigt nedbrutet" material) (Qvick och Granlund 2018). Fosfor och kväve är två exempel på näringsämnen som är vitala ämnen för växter och vid brist på fosfor kan blomning minska eller försenas och fröbildningen hämmas (Jordbruksverket 2003).

Fröplantager etableras oftast på tidigare jordbruksmark (Rosvall et al. 2016). Det är dock en utmaning att hitta mark som är optimal med hänsyn till alla kriterier. Dessutom måste områden med rätt förutsättningar vara tillräckligt stora och sammanhängande. Detta har gjort att val av markslag ofta får en underordnad prioritet, även om markförhållandena skulle kunna vara en viktig faktor för god fröproduktion. Det är därför befogat att undersöka markslagets eventuella påverkan för att se om det finns mark som är mer eller mindre lämplig för fröplantager.

I Ilstedt och Eriksson (1982:32) diskuteras den optimala placeringen av en fröplantage. Enligt dem eftersträvas för en fröplantage "En god varm jord med minst 25 % mo och finare". Detta bygger på en slutsats om att en viss andel av jordens innehåll, det vill säga jordarten, minst bör bestå till en fjärdedel av partikelstorleken mo (0,02–0,2 mm) och även mindre partiklar, men att det räcker med 25 % eftersom de goda effekterna avtar när andelen blir högre än 25 % (Ilstedt & Eriksson 1982). Enligt Almqvist et al. (2007) rekommenderas i första hand jordar av sandigt till sandig-moigt material med en finjordsandel på 25 % baserat på Ilstedts och Erikssons (1982) slutsats.

"Mo" är en äldre beteckning och kan delas upp i "finmo" (0,02–0,06 mm) och "grovm" (0,06–0,2 mm). Idag betecknas "finmo" (0,02–0,06 mm) tillsammans med "mjäla" (0,002–0,02 mm) som "silt" (0,002–0,063 mm) och i den nya skalan räknas "grovm" (0,06–0,2 mm) som "sand" (0,063–2,0 mm). "Sand" och "silt" har alltså ersatt sand, finmo, grovm och mjäla (Lundmark 1986b).

Tillgången på vatten är essentiell för tillväxten och markens fuktighet beror på dess vattenhållande förmåga, som genom ytspänningen kan transporteras i porerna (Andréasson 2006). Hur högt vattnet i jordarten kan stiga, den så kallade kapillära stighöjden, beror på porstorleken och därmed kornstorleken. Ju finkornigare jordar desto högre kapillär stighöjd och vattenhållande förmåga. Detta hör ihop med porositeten i jorden, vilket är förhållandet mellan jordens hålrumsvolym och dess totala volym. Finkorniga jordar har större andel hålrum, alltså högre porositet, än grovkorniga jordar. En högre porositet ger också en lägre permeabilitet, alltså

jordens vattengenomsläpplighet är lägre. Mindre kornstorlek ger därför lägre genomsläpplighet av vatten.

Ilstedt och Eriksson (1982) menar också att en hög temperatur i marken gynnar blomningen. Marktemperaturen blir lägre ju finkornigare materialet är delvis för att jordens vattenhållande kapacitet blir högre och vatten har en nedkylande effekt. Något som också eftersträvas enligt Ilstedt och Eriksson (1982:33) gällande markfuktighet är "En jordart och topografi som sörjer för en god dränering". Bra dränering verkar vara gynnsamt för blomningen och samverkar med en varmare jord. Den mest passande jorden framhålls därför som en relativt lätt och luftig jord med en tillfredsställande finjordsandel. Lätta jordar består huvudsakligen av sand och mo medan tunga jordar består av ler. Almqvist et al. (2007) poängterar också vikten av en syrerik och porös jord för tall- och granrötterna. De menar alltså att det är bättre med en torrare mark där rötterna växer djupare och där man hellre konstbevattnar om det är nödvändigt, snarare än att rötterna drunknar. Det kan dock vara komplicerat att isolera effekterna av jordart och textur av den orsaken att dessa ofta samvarierar med jordens fuktighet och position. Generellt har en lättare jordart och textur en högre position i terrängen och mindre problem med dränering (Ilstedt & Eriksson 1982).

För att undersöka fuktighet och dränerbarhet kan gleyfärgsförekomst användas som mått. Om jorden är grundvattenmättad under en tillräckligt lång tid kan syret förbrukas, vilket kan leda till förhållanden med syrebrist i marken (SLU 2019). När dessa förhållanden är omväxlande, kan detta visa sig genom ett fläckigt mönster av rostfärger (röda järn(hydr)oxider) vid rotkanalerna (SLU 2019). Dessa reducerade förhållanden är alltså tecken på stillastående vatten, dålig dränering och syresättning vilket kan vara ogynnsamma förhållanden för träden på fröplantagerna. Hu (1972) menar att syre i marken är viktigt för rötternas aktivitet och syrebrist kan påverka bland annat rötternas tillväxt och upptagningsförmåga av vatten och näring.

Ilstedt och Eriksson (1982) tar upp exempel på vilka jordar de anser vara gynnsamma respektive olämpliga för fröplantager. I lägre delar i terrängen som innehar de mest finkorniga jordarna blir det även kallare och fuktigare, vilket bidrar till sämre växtförhållanden. Detta negativa utfall av kalla, fuktiga lerjordar blir tydligast i områden med generellt låg temperatur. I områden med ett mer gynnsamt klimat, alltså högre temperaturer, kan däremot goda resultat uppvisas på den typen av mark vid god dränering (Ilstedt & Eriksson 1982). Fröplantager med högt grundvatten som är dåligt dränerade och har näringsfattig sandjord har generellt dålig fröproduktion. Lätta sedimentjordar i älvdalar nämns av Ilstedt och Eriksson (1982) som särskilt passande, medan det så vitt man visste inte fanns någon fröplantage med lyckat resultat på moränmark eller torvjordar. Förhållanden som

värderats som negativa behöver dock inte alltid hämma fröproduktionen. Skuggiga förhållanden kan till exempel ge bra blomning även vid mycket torra år.

När den första omgången fröplantager anlades var råden att tallfröplantager skulle anläggas på granmark medan granfröplantager skulle placeras på tallmark. Tanken bakom placeringen var att de mer eller mindre näringsrika förhållandena skulle skapa en stresseffekt och på samma gång skapa en avståndsisolering till närliggande bestånd (Dietrichson et al. 1982). Det finns ytterligare en stressfaktor som har visat sig ha positiv påverkan på blomningen. Denna typ av stress orsakas av ett överskott av koldioxid för rötterna som ökar blomningen som följd. Dessa förhållanden kan uppstå i fuktig styv lera (Ilstedt & Eriksson 1982). Fuktig lera kan däremot även ha mycket negativ påverkan. Ett temporärt stresstillstånd bedömdes alltså stimulera blomningen men kontinuerlig stress verkar inte gynna blomningen. Ilstedt och Erikssons (1982) uppfattning var att ympar som vantrivdes sällan gav bra kottproduktion och det är därför av intresse att studera hur markförhållandena påverkar fröplantagernas kott- och fröproduktion.

1.1.3. Genetisk vinst

Framstegen i ett skogsträdsförädlingsprogram kan för ett aktuellt material uttryckas som genetisk vinst (Rosvall et al. 2016). Den genetiska vinsten varierar beroende på vilket material fröplantagerna har och de olika omgångarna har olika genetisk vinst. Oftast hade den första omgångens fröplantager en genetisk förädlingsvinst på cirka 10 %, andra omgången på cirka 10–25 % och tredje omgången på cirka 25 % (Almqvist & Wennström 2020). Många fröplantager i andra omgången har dock en genetisk vinst på cirka 15 % (Rosvall et al. 2001), på grund av att det inte fanns tillräckligt förädlad material då urvalet gjordes. Det finns även fröplantager i andra omgången som har en genetisk vinst på cirka 10 % (exempelvis Moliden FP-609, Gringelstad FP-507, Målilla FP-512 och Nedra Sandby FP-506) och vissa i andra omgångens fröplantager med en genetisk vinst på cirka 25 % (exempelvis Drögsnäs FP-628, Västerhus FP-621 och Dal FP-625). Den tredje omgångens fröplantager kommer kunna skapa upp till 25 % högre produktion i framtidens skogar jämfört med vad lokalt beståndsfrö kan åstadkomma (Almqvist et al. 2007), vilket i jämförelse med första och andra omgångens fröplantager motsvarar mer än dubbelt så stor vinst.

1.1.4. Klimatfaktorer

Hänsyn bör enligt Ilstedt och Eriksson (1982) tas till både områdets makroklimat och det lokala klimatet vid val av plats för en fröplantage. De menar vidare att gynnsamma lokala klimatförhållanden har särskilt stort inflytande på fröproduktionen och kan skapa goda resultat på platser där makroklimatet egentligen är olämpligt.

Det finns ett flertal faktorer som utmärker ett gynnsamt klimat. Det har visat sig att ymparna klarat sig sämre i exponerade lägen med mycket vind jämfört med de som varit skyddade från hårda vindar (Ilstedt och Eriksson 1982). Även sydsluttningar med mycket solljus har visat sig vara gynnsamt. Något som också är eftersträfvansvärt är ett upphöjt läge och en topografi som motverkar flöden av dimma och kalla luftströmmar genom fröplantagen. Det är vanligen de yttre delarna och hörnen av fröplantagen som blir värst drabbade av ogynnsamma klimatfaktorer och i värsta fall ökar där mortaliteten bland ymparna.

Temperatur

Variationerna i fröskörd mellan åren verkar till stor del kunna förklaras av väderleken. Den mest inflytelserika klimatfaktorn för blomningen är juli månads medeltemperatur under initieringsåret (Ilstedt & Eriksson, 1982). Tillsammans med fuktigheten under blomning avgör detta ofta ungefär 90 % av fröproduktionen. Varmt och soligt väder i juli och uppehåll av nederbörd under pollineringen gynnar således fröproduktionen. Irving (1969) (se Ilstedt och Eriksson (1982)) visade att korrelationen mellan blomningen och julitemperaturen initieringsåret var krökt, vilket innebär att blomningen inte bara gynnades av höga temperaturer utan också av låga. Denna effekt kallas kallstress vilket är en typ av stress som innebär att svalt väder i juli i områden med ogynnsamt lokalklimat kan vara blomningsstimulerande och resultera i högre fröskörd. Ilstedt och Eriksson (1982) menade dock att deras egna material inte var tillräckligt omfattande för att kunna bekräfta den effekten och rekommenderade därför inte att använda kallstress som faktor vid lokalisering av passande fröplantageområden.

Temperatursumma är ett mått på temperaturklimatet på en viss plats och bygger på en summering av temperaturens dygnsmedelvärde som överstiger ett visst tröskelvärde, i det här fallet är det +5°C (Perttu & Morén 1994). Den beräknas med hjälp av höjd över havet och breddgrad. För att nå full mognadsgrad för fröna, vilket definieras som 95 % grobarhet, krävs en temperatursumma på över 975 dygnsgrader för tall och 875 dygnsgrader för gran (Almqvist et al. 1998).

Altitud

Nedförflyttning till lägre altitud bedöms framkalla ökad blomning (Ilstedt 1982). För tall har frömognaden en negativ korrelation med hög altitud medan för härdighet och tillväxt har ursprungsaltituden en väldigt liten påverkan (Wennström et al. 2016). Vad gäller gran är ursprungsaltitudens påverkan inte helt klarlagd än, men de studier som hittills gjorts visar ingen påverkan.

Syd- och nordförflyttning

Förflyttning över breddgrader är en annan faktor som påverkar fröproduktionen. Sydförflyttning innebär att plantagematerialet används i ett område söder om plusträdens ursprung och nordförflyttning innebär således motsatsen (Rosvall et al. 2001). Sverige har betydande skillnader i klimatet i och med landets avlånga form från 55:e till 69:e breddgraden och således har träden anpassat sig till detta. (Wennström et al. 2016).

Sydförflyttning kan bidra till att frömognaden blir bättre, en tidigare och mer omfattande blomning samt minskad bakgrundspollen eftersom det nordliga materialet börjar blomma tidigare än omkringliggande träd (Ilstedt 1982). När sydförflyttningen blir för stor kan det dock leda till lägre skördar (Ilstedt 1982). Skottskjutningen på våren regleras mest av temperaturklimatet och knoppsättningen på hösten regleras framför allt av dagslängden (Wennström et al. 2016). Vid sydförflyttning sker skottskjutningen tidigare på våren och träden invintrar tidigare på hösten, vilket ger mindre tillväxt än det lokala materialet.

Nordförflyttning ger en motsatt effekt, nämligen en längre tillväxtsäsong och en ökad tillväxt (Wennström et al. 2016).

Det finns rekommendationer gällande förflyttning av plantmaterial. Tallens hårdighet på hösten i norr påverkar överlevnaden, vilket gör att den i regel flyttas söderut för att bli hårdigare men genererar därför lägre tillväxt som följd. För granen däremot är frosten på våren problematiskt, vilket gör att den nordförflyttas för att skapa bättre överlevnad och följden av detta är istället en ökad tillväxt (Wennström et al. 2016).

1.1.5. Produktionshöjande skötselåtgärder

Fröplantagernas skötsel fokuserar på att producera så mycket högkvalitativt frö som möjligt (Wennström et al. 2016) och det finns flera möjliga skötselåtgärder för att öka fröproduktionen. En åtgärd är att intensifiera skötseln i etableringsfasen genom gödsling skriver Rosvall et al. (2016), vilket kan reducera perioden innan fröproduktionen startar med 5–6 år. De menar att denna åtgärd konkurrerar ut annan vegetation och ökar ymparnas tillväxt. De beskriver vidare en annan åtgärd, nämligen beskärning av trädens krona, vilket gör att grenarna skjuter fler skott som då kan bilda fler blommor. Lägre träd underlättar också vid plockningen av kottarna. Författarna nämner även behandling med gibberellin som en möjlig åtgärd för att öka fröproduktionen, vilket är ett hormon som stimulerar blomningen. Ytterligare en åtgärd de nämner är rotbeskärning vilket också är en metod som kan öka blomningen genom att träden då utsätts för torkstress. Något som också påverkar fröproduktionen är förbandet mellan ymparna och ympraderna då en

omständighet som kan hämma fröproduktionen är överslutenhet hos ymparna (Ilstedt & Eriksson 1982).

1.2. Syfte

Syftet med studien var att sammanställa fröskördarna från de Svenska fröplantagerna och baserat på det analysera samband mellan viktiga ståndortsfaktorer, genetisk vinst för plantagematerialet och fröskörd. Detta för att öka kunskapen om var en fröplantage ska anläggas för bästa möjliga kott- och fröproduktion. Genom att på detta sätt analysera de tre tidigare omgångarnas tall- och granfröplantager kan kunskapen kring hur ståndortsfaktorerna påverkat fröskördarna öka inför anläggandet av den fjärde omgångens fröplantager.

Denna studie av påverkan på fröskördarna i fröplantager utfördes med frågeställningarna:

- Går det att se samband mellan jordart/textur och fröskörd och vilka marktyper är i så fall lämpligast för att anlägga fröplantager med syfte att få så hög fröskörd som möjligt?
- Finns det några samband mellan fröskörd och genetisk vinst, sydförflyttning, temperatursumma, altitud, dränering samt lutning?

1.3. Hypoteser

Jordart och textur

Fröplantager på ståndorter innehållande sediment av sandigt till sandigt moigt material med bra dränering har producerat mest frö i jämförelse med fröplantager på andra marktyper.

Genetisk vinst

TreO-fröplantagerna har producerat mer frö än TvåO-fröplantagerna och EttO-fröplantagerna samt att TvåO-fröplantagerna producerat mer frö än EttO-fröplantagerna.

Temperatursumma

Fröplantager med högre temperatursumma har gett större fröskördar än de med lägre.

Sydförflyttning

Sydförflyttat plantagematerial har gett högre fröskördar än icke sydförflyttat, men bara till en viss gräns eftersom en alltför radikal sydförflyttning inte tidigare verkat vara gynnsamt.

Altitud

En lägre altitud har gett en högre fröskörd.

Dränering

Fröplantager med gleyfärgsförekomst har producerat sämre än fröplantager utan gleyfärgsförekomst.

Lutning

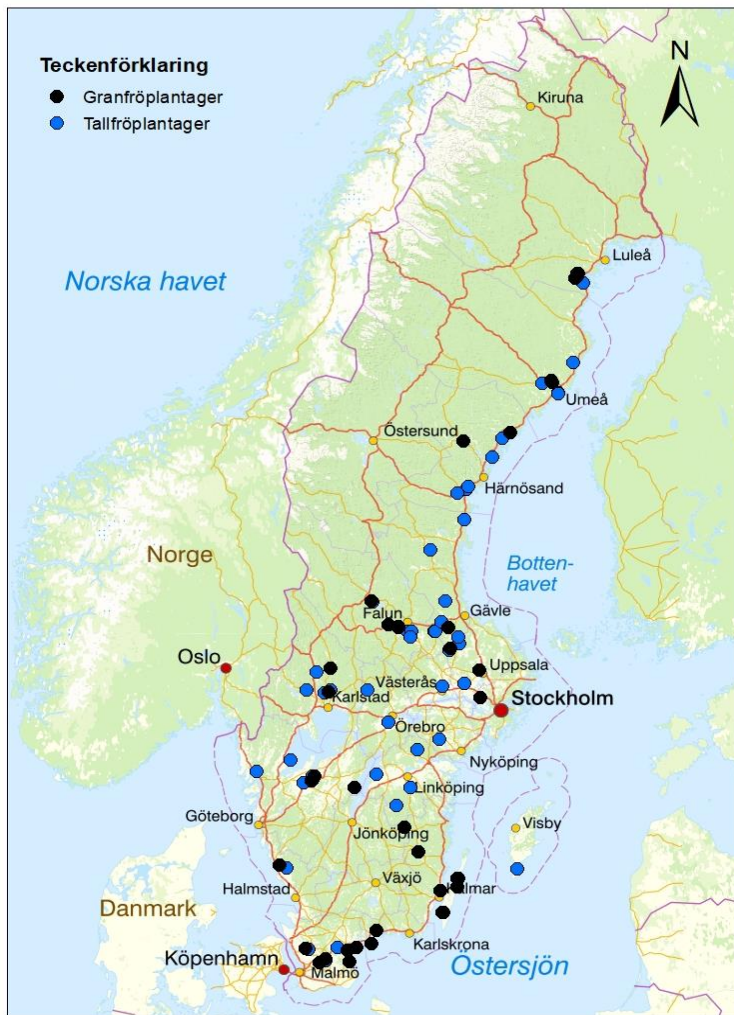
Sydsluttningar har varit mer gynnsamma för fröproduktion än sluttningar i andra väderstreck.

2. MATERIAL OCH METOD

2.1. Material

2.1.1. Fröplantager och skördedata

Datamaterialet som låg till grund för denna studie hämtades från totalt 82 tall- och 34 granfröplantager spridda över Sverige (figur 1, samt bilaga 4 & 5). Av plantager belägna i norr besöktes totalt 18 tallfröplantager från Gnarp i söder till Umeå i norr (figur 2). Skördedata fanns tillgängliga från åren 1966 till 2019 med en stark variation gällande antalet år med tillgängliga skördedata för varje specifik fröplantage. Denna variation berodde bland annat på etableringsår, antal år i produktion, skötsel och historiskt nyttjande av respektive fröplantage. Fröplantagernas anläggningsår varierade mellan år 1949 – 2013 för tall och år 1958 – 2004 för gran. Plantagestorleken för tall varierade mellan 2 – 39 hektar (medelvärde cirka 11 ha) och för gran varierade den mellan 4 – 40 hektar (medelvärde cirka 12 ha). Plantagernas klonantal varierade mellan 10 – 278 st för tall (medelvärde 51) och för gran mellan 27 – 210 st (medelvärde 68). Altituden där tallfröplantagerna var belägna varierade mellan 5 – 205 m ö.h (medelvärde 65) och för gran mellan 5 – 200 m ö.h (medelvärde 60).



Figur 1. Geografisk placering av de fröplantager som ingick i studien, inklusive de som besöktes i fält. Tallfröplantagerna har markerats med blå symboler och granfröplantagerna med svarta symboler ©Lantmäteriet (2020b) Terrängkartan.



Figur 2. Geografisk placering av de besökta tallfröplantagerna (markerade med blå symboler).
©Lantmäteriet (2020b) Terrängkartan.

2.1.2. Fältutrustning

Den utrustning som användes vid genomförandet av datainsamlingen i fält var spade, droppflaska, rullplatta, tumstock, kniv, protokoll, presenning, pappåsar och instruktion (figur 3).



Figur 3. Utrustning som användes för insamling av data i fält.

2.2. Metod

2.2.1. Datainsamling i fält

Informationen om jordart och dränering samlades in i fält via provytor i de besökta tallfröplantagerna för att validera hur väl jordartskartan (SGU 2018a) stämde. Provpunkterna valdes på ett objektivt sätt och antalet provpunkter och provpunkternas läge bestämdes utifrån hur stor plantagen var och för att få en jämn spridning över respektive fröplantage. Varje plantage hade minst en provpunkt per 5 ha, men oavsett storlek innehöll den minst fyra provpunkter. Provpunkterna lades ut i ett kvadratisk förband. Först fastställdes antalet provpunkter (n) per plantage enligt kriterierna ovan. Sedan beräknades provyteförbandet (F) enligt följande formel: $F = \sqrt{\frac{a}{n}}$ där $a = \text{area}$ och $n = \text{provytor}$ och avrundades till jämna 5 metrar. Provpunkterna lades ut i förväg på kartan med hjälp av verktyget *Fishnet* i programmet ArcMap (ESRI 2016) med det givna provyteförbandet. En karta skapades i PDF-format för varje plantage och öppnades i appen Avenza Maps (Avenza Systems Inc u.å) på en mobiltelefon.

I fält söktes provpunkterna upp med hjälp av Avenza Maps och därefter grävdes en grop. För att standardisera platsen för provpunkten bestämdes att gropen skulle placeras halvvägs mellan två träd, cirka en meter ut från raden där ymprarna planterats. Gropen placerades så nära ympraden som möjligt för att den skulle vara på en representativ plats. I vissa fröplantager hade marken under ympraden plöjts

för att skapa en upphöjd bädd för bättre avrinning och dränering, därför grävdes gropen inte i mitten av ympraden (Almqvist et al. 2007). Det bedömdes på alla plantager vara olämpligt att placera gropen mitt mellan raderna på grund av det tunnare matjordstäcket, som ligger närmast under jordytan, samt det långa avståndet till ymparna. Ytterligare en anledning till att gräva gropen en bit ut från ympraden var att vegetationen mellan raderna oftast mekaniskt röjdes bort med traktor och att majoriteten av rötterna kunde återfinnas i marken under den slagna delen av plantagen.

När provpunkten bestämts lades en punkt till i kartan i Avenza Maps och de generella uppgifterna registrerades i protokollet (bilaga 7). Därefter grävdes en 60 cm djup grop och jordartens textur bedömdes på ett djup av 45 cm.

Metoden för att bestämma jordart och textur baserades på SLUs fältinstruktion för Riksskogstaxeringen som innebar bestämning av plasticiteten i jorden genom att göra ett så kallat utrullningsprov (SLU 2019). Jordprovet hämtades från ett djup av 45 cm för att säkerställa att det kom från den opåverkade jorden. Provet fuktades för att bedöma formbarhet utifrån reglerna för texturklassificering (figur 4). Ju mer formbart desto finkornigare var materialet. Vid osäkerhet i bedömningen i fält sparades ett prov för senare bestämning i laboratoriet. I den här studien användes de äldre beteckningarna (avsnitt 1.1.2) när jordart och textur bedömdes i fält, medan jordartskartan innehöll de nyare beteckningarna (tabell 1).

Jordartens textur

Tab. 11.7.22.1 Sammanfattning av reglerna för texturklassificering av minerogena sediment och morän.
Gyttjebord förs till klassen Ler (kod 8). Angående Häll och Torv, se variabeln Jordart (i gropen)!

Kod	● Minerogena sediment				■ Morän		
	Klass	Kornstorlek	Form- och utrullningsprov (trådtjocklek)	Anmärkning	Klass	Form- och utrullningsprov (trådtjocklek)	Anmärkning
0	Block i gropen	> 200 mm	-	Omöjliggör texturbedömning	Block i gropen	-	Omöjliggör texturbedömning
1	Klapper och sten	200-20	-	Okulär bedömning.	Blockig/-stenig	-	Kornstorlekar < 20 mm saknas ned till 50 cm. Okulär bedömning.
2	Grus	20-2	-	Okulär bedömning. Färg (torr) rödaktig.	Grusig	-	Rik på gruskorn, fattig på mindre partiklar utom sand. Ofta rik på sten. Okulär bedömning.
3	Grovsand	2-0,6	-	Okulär eller korngrupp-skala. Färg (torr) rödaktig.	Sandig	Knappt formbar	Sandpartiklarna dominerar. Vanligen måttligt block- och stenrik.
4	Mellan-sand	0,6-0,2	Knappt formbar	Okulär eller korngrupp-skala. Färg (torr) rödaktig.	SANDIG-moig	6-4 mm vid mycket svagt tryck	Om litet av provet vaskas med vatten blir mycket sand kvar i handen. Knastrar.
5	Grovmo	0,2-0,06	Kan formas	Okulär eller korngrupp-skala. Färg (torr) ljusgrå/-svagt rödaktig.	Sandig-MOIG	6-4 mm	Vid vaskas blir måttliga mängder sand kvar i handen. Knastrar svagt.
6	Finmo	0,06-0,02	6-4 mm	Utrullning. Strävt pulver. Mjölär mycket starkt i torrt tillstånd. Färg (torr) ljusgrå.	Moig	4-3 mm	Obetydliga mängder sand vid vaskning. Känns kladdig och smetig. Små mängder strävt mjöl i torrt tillstånd.
7	Mjåla	0,02-0,002	4-3 mm	Utrullning. Mjölgt pulver. Mjölär mycket starkt i torrt tillstånd. Färg (torr) gråvit.	Mjålig	2-3 mm	Klibbar och råkar i flytjordstillstånd vid blötning. Mjölär starkt i torrt tillstånd.
8	Ler	< 0,002	< 3 mm	Utrullning. Starkt klibbade. Lättlara mjölär starkt. Styv lera mjölär inte.	Lerig	< 2 mm	Vid utrullning känner man närvaron av grövre sträva korn. Vanligen svagt stenig.

Figur 4. Klassificering av jordartens textur (SLU 2019).

För att undersöka dränerbarheten bedömdes gleyfärgsförekomst. Som nämndes i inledningen (se avsnitt 1.1.2) kan enligt SLU (2019) en omväxlande grundvattenmättad jord leda till förhållanden med syrebrist i marken. Detta kunde, som beskrevs i samma instruktion som tidigare nämnts, visa sig genom ett fläckigt mönster av rostfärger (röda järn(hydr)oxider) vid rotkanalerna, vilket kunde användas för bedömning av dränerbarhet. Det kriterium för gleyfärger som användes för att bedöma dräneringen innebar följande: För minst ett 25 cm markskikt, med start inom 40 cm från mineraljordens övre gräns skulle gleyfärger förekomma. Där skulle av den exponerade ytan minst fem procent bestå av röd/gulbruna fläckar (SLU 2019).

Övriga parametrar bedömdes också såsom omkringliggande tallbestånd, plantagens vitalitet, humusform, humusmäktighet, kulturjordmån, matjordsmäktighet, blekjord, blekjordsmäktighet, rostjord, rostjordsmäktighet, rostjordens undre gräns, markvegetation och jordmån (för mer detaljer se bilaga 7). Vidare analys av dessa

faktorer valdes bort eftersom de inte rymdes inom ramen för detta arbete. Vissa uppgifter var även svåra att samla in, såsom matjordsmäktighet, på grund av att omfattande schaktningsarbeten utförts före anläggandet av en del äldre plantager. De faktorer som prioriterades var därför jordart, textur och gleyfärgsförekomst.

2.2.2. Datasammanställning från existerande källor

Ett register skapades över alla tall- och granfröplantager i Sverige med tillgängliga data, oavsett om de var aktiva, nedlagda eller avverkade. Plantagens namn, nummer, trädslag, etableringsår, areal, klonursprung (latitud), klonantal, genetisk vinst, latitud, longitud och altitud sammanställdes. De tillgängliga källorna utgjordes av Skogforsks databaser över fröplantager som används av verktyget plantval (Berlin et al. 2019; Berlin et al. 2014), rikslängden (en lista på alla Sveriges frökällor som godkänts och registrerats) (Skogsstyrelsen 2020) och Skogforsks redogörelse över tall- och granfröplantager (Hannerz et al. 2000). De plantager som saknades i någon av dessa tre källor exkluderades från analysen.

Skördedata och areal

Skördeuppgifter sammanställdes för respektive fröplantage. Dessa uppgifter erhöles för åren 1966–1988 från Institutet för skogsförbättring där alla data var i analog form (bilaga 6) och från Skogsstyrelsen för år 1994–2019, där alla data var i digital form. För åren 1989–1993 saknades uppgifter om fröskördar, vilket berodde på att det inte var säkerställt att hela fröskörden dokumenterats enligt Wennström². År 1994 infördes ett så kallat stambrev, vilket är ett intyg på fröets ursprung samt ett krav på registrering hos Skogsstyrelsen inför försäljning (Ackzell 1994). I samband med att ett stambrev upprättas anges också den totala vikten av skörden och frövikten. Enligt Wennström² fanns det inte innan år 1994 några regler om detta, men när regeln började gälla fick plantskolorna dispens genom att redovisa den mängd frö som fanns i lager vid det tillfället för att de inte skulle behöva slänga frön. Därför var skördeuppgifterna från Skogsstyrelsen före 1994 den mängd frö som fanns kvar av en viss årsskörd och inte den mängd som faktiskt skördades det året. Detta kunde bli missvisande och därför exkluderades dessa data och istället användes skördestatistiken från Institutet för skogsförbättring mellan 1966–1988. Plantager med data från färre än tre skördar plockades också bort, förutom tredje omgångens (TreO)-fröplantagerna eftersom de inte hade hunnit ge så många skördar och var intressanta att ta med i studien.

Plantagearealen har redovisats på olika sätt genom åren, ibland redovisades endast total ”areal” och ibland ”skördad areal” (1968–1978 endast total areal, 1979–1988 skördad areal, 1990–2018 endast total areal). Vissa fröplantager hade även utökats

² Ulfstand Wennström, seniorforskare, Skogforsk, intervju 2020-11-03

och/eller reducerats arealmässigt genom åren. Därför valdes för analysen alla plantagers totala areal och inte enbart skördad areal. Uppgifterna kontrollerades och verifierades även av specialister på Skogforsk och Holmen för att säkerställa att arealerna blev så korrekta som möjligt. Utifrån dessa skördedata och arealer beräknades fröskörd per ha för att skapa en jämförbar parameter mellan plantager.

Justerings av koordinater inför analys av jordart, textur och lutning.

Inför analyserna av jordart, textur och lutning justerades koordinaterna för respektive fröplantage så att deras position stämde överens med kartan. Koordinaterna lästes in i ArcMap (ESRI 2016) och med hjälp av ortofotot (Lantmäteriet 2020a) för respektive fröplantage i bakgrunden validerades koordinaterna och justerades vid behov. Alla fröplantagers koordinatposition gick inte att enkelt bekräfta utifrån ortofotot och därför kontaktades respektive företag med skötselansvar för den aktuella plantagen för att bekräfta att koordinaten stämde. Även information från Lantmäteriets tjänst ”Kartsök och ortnamn” (Lantmäteriet u.å) med historiska ortofoton från 1960 och 1975 med kartbilder och koordinater användes för att fastställa plantagernas korrekta position. Totalt justerades 94 av 117 fröplantagers koordinater som inte hade tillräckligt bra position. När uppgifterna för koordinaterna var kompletta togs jordart, textur och lutning fram för varje fröplantage.

Jordart och textur

För att ta reda på vilken jordart och textur som plantagen hade användes jordartskartan 1:25 000–1:100 000 (SGU 2018a) med lager ”JG2” vilken innehåller den jordart på inventeringsdjupet 0,5 m under marken som normalt kan väntas förekomma (SGU 2018b). Verktöget spatial join användes för att para ihop koordinaterna med jordartskartan. Uppgifterna om jordart och textur överfördes till ett Excelark. Respektive fröplantage erhöll endast ett värde för jordart och textur utifrån koordinaten, men eftersom jordartskartan var så grovt indelad innebar detta i de flesta fall inte någon skillnad jämfört med att sätta flera punkter per plantage.

När jordart och textur bedömdes i fält användes de äldre beteckningarna medan jordartskartan innehöll de nyare beteckningarna (se avsnitt 1.1.2). Antalet texturklasser som erhöles från jordartskartan reducerades till totalt 6 klasser för tall och 5 klasser för gran, för att få tillräckligt antal observationer i respektive jordart- och texturklass i analysen (bilaga 3, tabell 1). Fröplantagernas texturer grupperades i följande texturklasser för tall: lerig morän, lera, lera-silt, silt, sandig morän och sand. Gran hade samma texturklasser som tall förutom klassen ”lera-silt” som hade för få observationer (bilaga 3, tabell 1).

Tabell 1. Texturklasser för de 18 i fält besökta tallfröplantagerna belägna i norra Sverige respektive de texturklasser som analyserades utifrån jordartskartan

De texturklasser som identifierades för de besökta tallplantagerna	De texturklasser som analyserades utifrån jordartskartan för tall	De texturklasser som analyserades utifrån jordartskartan för gran
Lera	Lera	Lera
Mjäla	Lerig morän	Lerig morän
Finmo	Lera-silt	Silt
Grovmo	Silt	Sand
Mellansand	Sand	Sandig morän
	Sandig morän	
*Silt motsvarar mjäla & finmo. Sand motsvarar Grovmo och Mellansand.		

Lutning

För att undersöka lutningen användes en höjdmodell från Lantmäteriet som visade markens höjd över havet som ett raster med 2 meters upplösning i ArcMap (Lantmäteriet 2017). Ett medelvärde av lutningen i grader och lutningsriktningen erhöles och värdet baserades på en koordinat för varje fröplantage. Eftersom denna punkt var avgörande för klassningen av hela fröplantagen gjordes en sammanslagning av rastret till 20-meterspixlar för att inkludera omkringliggande pixlar.

Temperatursumma

För att studera sambandet mellan fröskörd och väderlek sammanställdes data för temperatursumma som hämtades från Skogskunskaps hemsida (Skogskunskap u.å.). Standardfunktionen som bygger på temperaturdata mellan 1961–1990 användes enligt följande: $\text{Temperatursumma} = 4922,1 - 60,367 \cdot \text{breddgrad} - 0,837 \cdot \text{höjd över havet}$.

Sydförflyttning

Utifrån insamlade uppgifter bestämdes plantagens lokalisering och sydförflyttningen av det ingående plantagematerialet beräknades genom att subtrahera latitud för klonursprung med latituden för plantagen.

Exkluderade fröplantager

Av de totalt 162 fröplantagerna exkluderades 46 fröplantager ur analysen vilket gjorde att det blev 116 kvar (82 tall och 34 gran). Av dessa 46 fröplantager exkluderades 15 fröplantager på grund av att de saknade data för textur eller på grund av att det fanns för få observationer i den texturklassningen (bilaga 2). Sammanlagt 31 fröplantager exkluderades på grund av att de hade för få skördar eller att de saknade något väsentligt värde såsom koordinater, areal eller någon av de andra faktorerna (bilaga 1). Det fanns även två fröplantager (FP-631 Sönersta och FP-635 Öden) i Västernorrlands län som saknade uppgift om textur, på grund av att jordartskartan inte täckte alla delar av Västernorrlands län (SGU u.å.). Dessa två besöktes dock i fält vilket gjorde att den uppmätta jordarten och texturen kunde inkluderas i analysen.

2.2.3. Statistiska analyser

Datamaterialet som de statistiska analyserna baserades på var plantagenamn, fröskörd (kg/ha), träslag, jordart/textur, genetisk vinst, temperatursumma, altitud och sydförflyttning. Fröplantagerna med en genetisk vinst på 12,5 % (tall) respektive 15 % (gran) slogs samman med fröplantager med en genetisk vinst på 25 % för jämförelse med fröplantagerna med en genetisk vinst på 10 %. Detta för att antalet observationer för fröplantager med en genetisk vinst på 25 % var för få.

Materialet delades in i kategorier för att underlätta jämförelser, utifrån träslag och ålder. Tallfröplantager och granfröplantager analyserades helt separat. Datamaterialet innehöll skördedata från 82 tallfröplantager och 34 granfröplantager, motsvarande totalt 1493 fröskördar för tall och 237 för gran. För att ta hänsyn till åldersvariationerna för fröplantagerna delades fröskördedatat upp; genom att fröskördar från år 0–20 respektive år 21–40 efter anläggning separerades. Alla registrerade årsskördar från år 0-20 efter anläggning summerades för respektive plantage och alla registrerade årsskördar från år 21-40 efter anläggning summerades för respektive plantage till en total fröskörd i kg. Därefter beräknades en genomsnittlig totalskörd per hektar. Sedan skapades ett medelvärde av fröskördarna för respektive träslags- och ålderskategori genom att total fröskörd (kg) som registrerats för plantagen i genomsnitt per hektar dividerades med *antalet skördeår*.

FS_a = Genomsnittlig fröskörd i kg per ha / antal år som skörd samlats in från plantagen för fröskördar år 0-20 år efter anläggning.

FS_b = Genomsnittlig fröskörd i kg per ha / antal år som skörd samlats in från plantagen för fröskördar år 21-40 år efter anläggning.

Både genomsnittlig fröskörd uttryckt som FS_a och FS_b hade enheten kg/ha/skördeår.

En regressionsmodell för varje ålderskategori och trädslag skapades på den genomsnittliga fröskörden uttryckt som FS_a och FS_b (kg/ha/skördeår) i varje fröplantage. Fyra linjära modeller för indelningen av tall- och granfröplantager respektive indelning av skördedata från år 0–20 och 20–40 skapades. Responsvariabeln var den genomsnittliga fröskörden (kg/ha/skördeår) och förklaringsvariablerna var temperatursumma, genetisk vinst, sydförflyttning, altitud och textur. Regressionsekvationen för datamaterialet var: $Y_i = \beta_0 + \sum \beta_j X_{ij} + \epsilon_i$. Där Y_i var den kontinuerliga responsvariabeln fröskörd (kg/ha/skördeår) för den i :te fröplantagen. Förklaringsvariablerna X_{ij} bestod av sydförflyttning, altitud, temperatursumma och indikatorvariabler för faktorerna textur och genetisk vinst för den i :te fröplantagen. ϵ_i var slumpfelet för den i :te fröplantagen och antas ha varit oberoende, normalfördelat med ett väntevärde på noll och konstant varians.

De fem valda förklaringsvariablerna jordart/textur, temperatursumma, altitud, sydförflyttning och genetisk vinst inkluderades alla i de fyra modeller som användes. Detta eftersom ingen faktor var för högt korrelerad med någon annan faktor, det vill säga att alla GVIF-värden (se avsnitt 2.2.3) understeg gränsvärdet 10. Skördedata logaritmerades i samband med analysen av granfröskördar registrerade vid plantageålder 21–40 år.

Variansanalys och Post hoc test med Tukey's korrektion applicerades på de fyra modellerna. Variansanalysen användes för att undersöka om det fanns signifikanta skillnader i fröproduktion för de olika förklaringsvariablerna. Signifikansnivån som användes var 5 %. För p-värden lägre än 0,05 gjordes ett Post hoc test med Tukey's korrektion för att analysera hur fröskördarna skiljde sig mellan de olika faktorerna.

Därefter kontrollerades modellens antaganden. Först säkerställdes att det inte fanns multikollinaritet i datamaterialet, det vill säga att det inte fanns för stor korrelation mellan de oberoende variablerna i regressionsmodellen. För detta användes VIF "variance-inflation factor", där en hög siffra på VIF innebar att en förklarande variabel hade en hög korrelation med andra förklarande variabler (Fox 2016). Om två faktorer hade högre värde än 10 (vilket var gränsvärdet som användes) kunde någon av dem tas bort från modellen. I denna analys användes istället GVIF, vilket står för "generalised variation-inflation factor" för att regressionsmodellen både innehöll faktorer och kontinuerliga variabler, eftersom VIF då inte var tillämpbar (Fox 2016). För att göra data jämförbara, trots olika frihetsgrader (tallfröskördar år 0–20=58 df, år 21–40=53 df och granfröskördar år 0–20=15 df och år 21–40=17 df.), användes även det justerade GVIF-värdet (Fox 2016). Om något GVIF-värde

var högt plockades den faktor som hade högst justerat GVIF-värde bort för att skapa en bättre modell.

Antagandena om slumpfelet (ϵ_i) kontrollerades med residualplottar (bilaga 1, 2) och om kriterierna inte var uppfyllda undersöktes om det logaritmerade värdet för fröskörden gav en bättre modell. Därefter jämfördes även den justerade förklarandegraden mellan modeller för att få fram den bästa, där ett högre värde innebar en bättre modell. När den bästa modellen skapats för respektive kategori utfördes variansanalys och Post hoc test med Tukey's korrektion. Alla analyser genomfördes i Rstudio (Rstudio 2020).

Som nämndes ovan innehöll datamaterialet skördedata från 82 tallfröplantager och 34 granfröplantager, motsvarande totalt 1493 fröskördar för tall och 237 för gran. När materialet delades in i dataset för de fyra modellerna i analyserna minskade antalet genomsnittliga fröskördsobservationer från 82 till 78 för tallfröskördar vid plantageålder 0–20 år och från 82 till 70 för tallfröskördar vid plantageålder 21–40 år. På samma sätt för gran, från 34 till 28 för granfröskördar vid plantageålder 0–20 år respektive från 34 till 31 för granfröskördar vid plantageålder 21–40 år. Vissa förklaringsvariabler saknades för vissa fröplantager och i dessa fall reducerades antalet observationer ytterligare i modellerna till totalt 68 för tallfröskördar vid plantageålder 0–20 år, 63 för tallfröskördar vid plantageålder 21–40 år, 24 för granfröskördar vid plantageålder 0–20 år och 27 för granfröskördar vid plantageålder 21–40 år.

2.2.4. Övriga analyser

Fröskörd allmänt

Den genomsnittliga fröskörden beräknades för tall- och granfröplantager i syfte att ta reda på vilka fröplantager som hade gett högst respektive lägst genomsnittlig fröskörd. Först summerades för varje plantage alla registrerade årsskördar till en total fröskörd i kg. Därefter beräknades en genomsnittlig totalskörd per hektar. Med utgångspunkt från detta uttrycktes sedan genomsnittlig totalskörd per ha och år på två olika sätt. Det ena sättet innebar att total fröskörd (kg) som registrerats för plantagen i genomsnitt per hektar dividerades med *antalet skördeår* (FS_c).

FS_c = Genomsnittlig fröskörd i kg per ha dividerat med antal år som skörd samlats in från plantagen.

Det andra sättet innebar att total fröskörd (kg) som registrerats för plantagen i genomsnitt per hektar dividerades med *antalet skördeår* som sedan dividerades med *antalet år från plantageanläggning* (FS_d).

FS_d= FS_c dividerat med antal år från plantageanläggning.

Detta gav två olika typer av genomsnittlig fröskörd beroende på hur fröskörden uttrycktes. Genomsnittlig fröskörd uttryckt som FS_c hade enheten kg/ha/skördeår och genomsnittlig fröskörd uttryckt som FS_d hade enheten kg/ha/skördeår/plantageår (år från plantageanläggning).

För att grafiskt åskådliggöra skillnader över landet delades fröplantagerna upp i tre geografiska områden (Norra, Mellersta och Södra) som baserades på den indelning som fanns i skördestatistiken mellan 1966–1988 från Institutet för skogsförbättring (bilaga 6). Detta stämde i huvudsak överens med indelningen över Norrland, Svealand och Götaland. Den aktuella indelningen i kategorin Norra motsvarade fröplantager belägna på latituder mellan 66–62°, Mellersta mellan 62–59° och Södra mellan 59–55° för tall. För motsvarande indelning gällande gran klassades Norra som fröplantager belägna på latituder mellan 66–63°, Mellersta mellan 63–59° och Södra mellan 59–55°.

Lutning

Lutningen inkluderades inte i de statistiska modellerna. Istället genomfördes en enklare beskrivande dataanalys.

Dränering

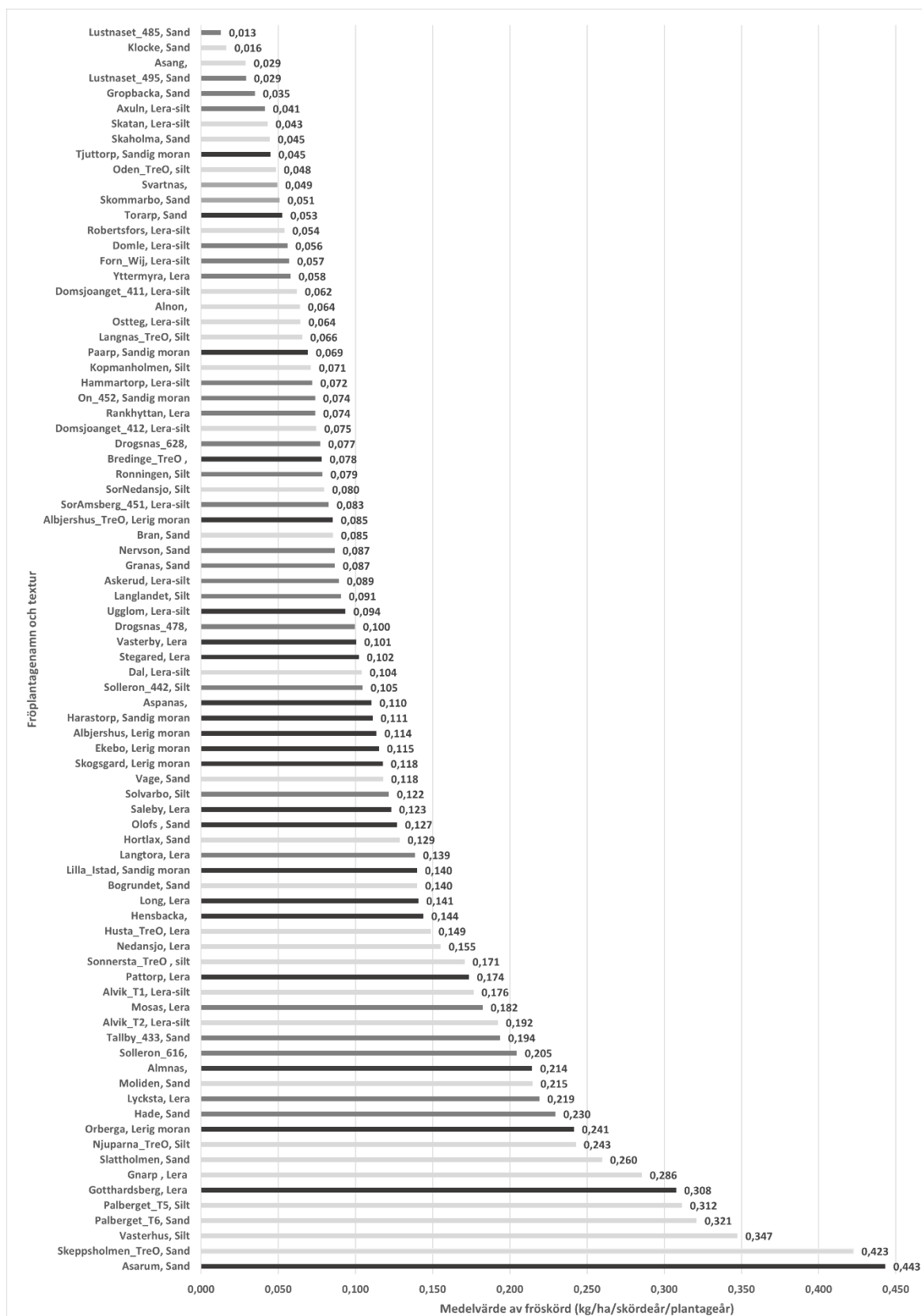
Gleyfärgsförekomsten beskrevs utifrån de bedömningar som gjordes på de fältbesökta fröplantagerna. Dessa data inkluderades inte heller i de statistiska modellerna eftersom data endast fanns för de fältbesökta tallfröplantagerna. Datamaterialet sammanställdes däremot i en tabell och användes som diskussionsunderlag.

3. RESULTAT

3.1. Fröskörd allmänt

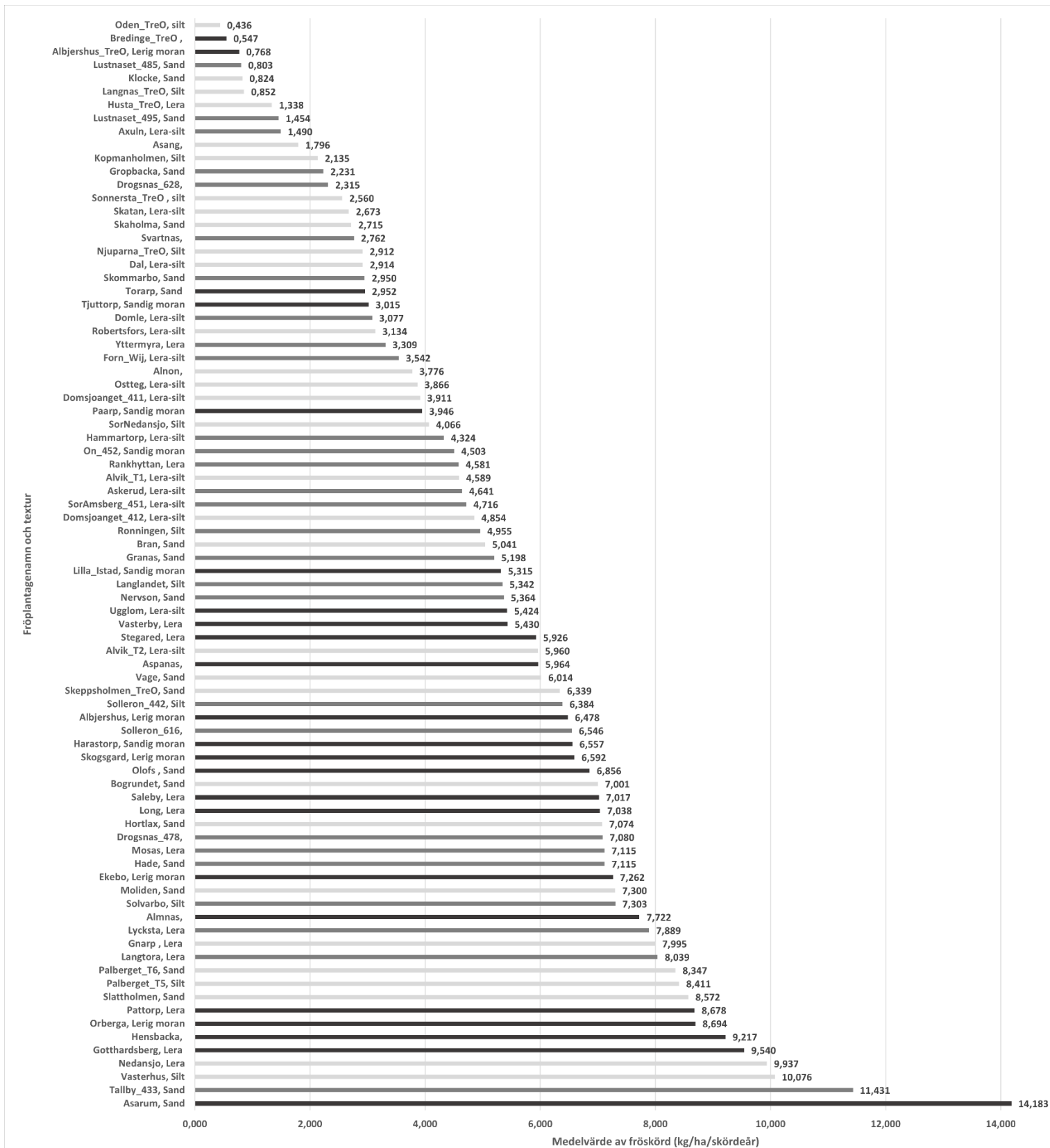
Variationen var stor gällande genomsnittsfröskörd för de analyserade fröplantagerna både för tall och gran. Det kunde även konstateras att nordliga, mellersta och sydliga tallfröplantager fanns med i hela spannet. Det fanns även en skillnad i hur plantagernas genomsnittliga fröskördar förhöll sig till varandra beroende på hur fröskörden uttrycktes. Om enbart total genomsnittlig fröskörd uttryckt som FS_c i kg/ha/skördeår jämfördes gavs delvis annorlunda högsta och lägsta skörd jämfört med om fröskörden uttrycktes som FS_d i kg/ha/skördeår/plantageår (år från plantageanläggning), vilket redovisas i följande stycken.

Den lägsta genomsnittliga tallfröskörden uttryckt som FS_d på 0,013 kg/ha/skördeår/plantageår hade registrerats i Lustnäset FP-485 som är belägen i mellersta Sverige och den största på 0,443 kg/ha/skördeår/plantageår i Asarum FP-611, belägen i södra Sverige (figur 5).



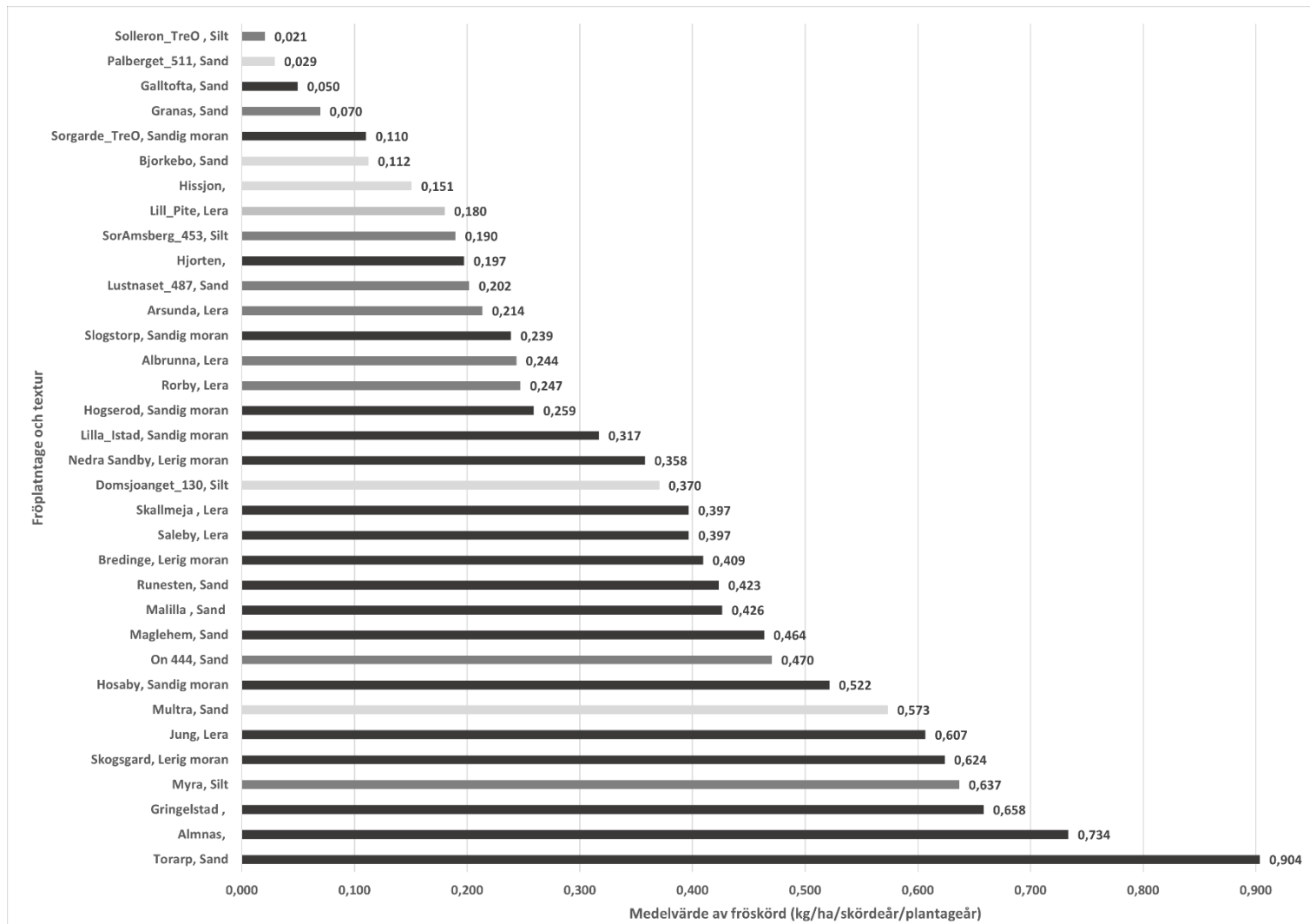
Figur 5. Medelvärde av fröskörden (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats)/plantageår (år från anläggning) (FS_d)) från tallfröplantager där jordartstextur anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).

Om den genomsnittliga fröskörden istället uttrycktes som FS_c , fröskörd i kg/ha/skördeår visade resultaten att den lägsta genomsnittliga tallfröskörden på 0,436 kg/ha/skördeår som var i Öden FP-635 är belägen i norra Sverige och den största genomsnittliga fröskörden på 14,183 kg/ha/skördeår var fortsatt från Asarum FP-611 som tidigare nämndes är belägen i södra Sverige (figur 6).



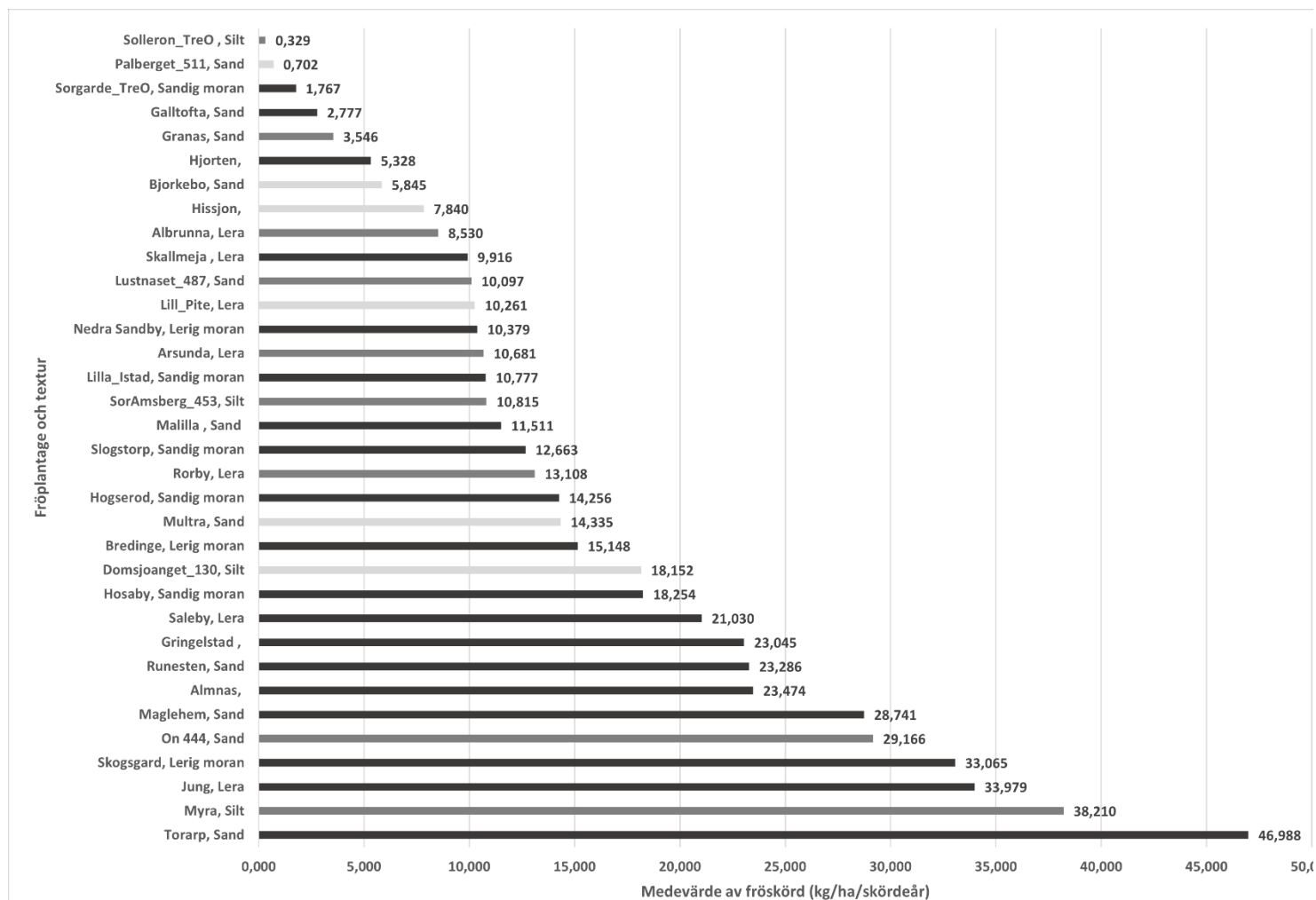
Figur 6. Medelvärde (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats) (FSc)) av total fröskörd från tallfröplantager där jordartstextur anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).

Den lägsta genomsnittliga granfröskörden uttryckt som FS_d var 0,021 kg/ha/skördeår/plantageår från Sollerön FP-520, belägen i mellersta Sverige och den största genomsnittliga fröskörden uttryckt som FS_d var 0,904 kg/ha/skördeår/plantageår och hade registrerats i Torarp, belägen i södra Sverige (figur 7).



Figur 7. Medelvärde av fröskörden (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats)/plantageår (år från plantageanläggning) (FS_d)) från granfröplantager där jordartstexturen anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).

När de högsta och lägsta genomsnittliga granfröskördarna uttryckta som FS_c i kg/ha/skördeår jämfördes var de högst och lägst producerande fröplantagera desamma, där den minsta skörden var från Sollerön på 0,329 kg/ha/skördeår och den största i Torarp på 46,988 kg/ha/skördeår (figur 8).



Figur 8. Medelvärde (kg/ha/skördeår (antal år som plantagen skördats) (FS_c)) av total fröskörd från granfröplantager där jordartstexturen anges efter respektive plantagenamn. Stapelns färg motsvarar landsdel för plantagen (ljusgrått=norra, mörkgrått=mellersta, svart=södra).

3.2. Samband mellan skördedata och ståndortsfaktorer samt genetisk vinst

Resultaten av variansanalysen för tall visade en statistiskt signifikant skillnad för olika ”textur” gällande tallfröskördar vid plantageålder 21–40 år (FS_b) med förklarandegrad av 37,1 % (tabell 2). Detta gällde även för ”genetisk vinst” och tallfröskördar vid plantageålder 21–40 år (FS_b) med en förklarandegrad av 37,1 % (tabell 2). Analysen visade även ett statistiskt signifikant samband mellan ”genetisk vinst” och granfröskördar vid plantageålder 0–20 år (FS_b) med förklarandegrad 41 % (tabell 2). Övriga faktorer visade inga statistiskt signifikanta skillnader (tabell 2) med avseende på fröskörd.

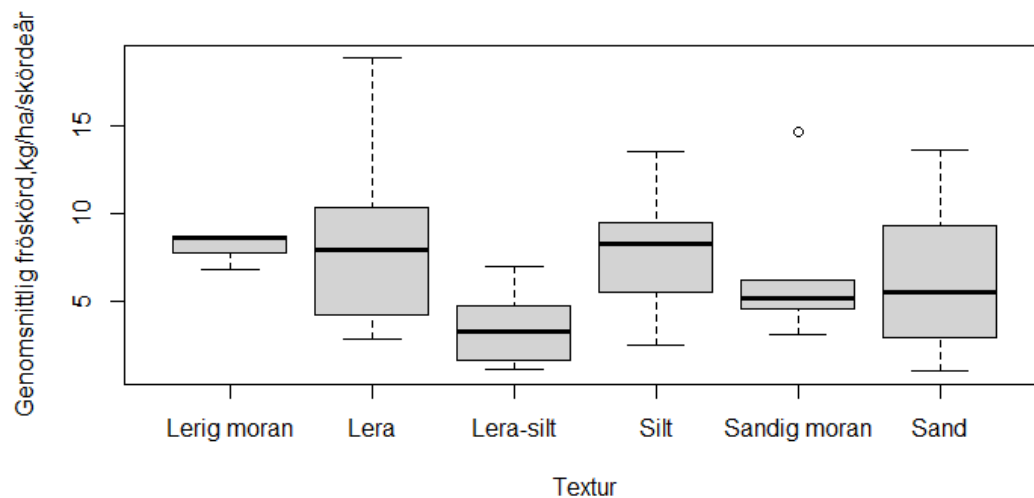
Tabell 2. P-värden från variansanalys av fröskörd från tall- och granfröplantager i åldrarna 0–20 år (FS_a) respektive 21–40 år (FS_b) uppdelat på de påverkande faktorerna, med en signifikansnivå på 5 %

	Tallfröskördar 0–20 år n=68	Tallfröskördar 21–40 år n=63	Granfröskördar 0–20 år n=24	Granfröskördar 21–40 år n=27
Altitud	0,92639	0,438714	0,20342	0,1882
Temperatursumma	0,05646	0,960229	0,90765	0,2191
Sydförflyttning	0,51407	0,201127	0,54793	0,2221
Genetisk vinst	0,72039	0,006393*	0,03808*	0,9708
Textur	0,59926	0,025069*	0,50078	0,5538
Ojusterat R^2 -värde	0,1237	0,3710	0,4095	0,3933

3.2.1. Markförhållanden- jordart och textur

Post hoc test visade att den enda texturklass som var signifikant skild från de andra var ”lera-silt” där fröproduktionen uttryckt som FS_a respektive FS_b varit lägre än för texturklass ”lera” för tallfröskördar i plantageålder 21–40 år (figur 9, bilaga 1). På marker med texturklassen ”lera-silt” hade i genomsnitt 4,4 kg/ha/skördeår mindre frö producerats än på marker med klassen ”lera” (figur 10, bilaga 1) Vid

jämförelser mellan de andra texturklasserna kunde inga statistiskt signifikanta skillnader i fröskörd konstateras.



Figur 9. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår) i tallfröplantager i ålder 21–40 (FS_b) uppdelat på texturklasserna lerig morän, lera, lera-silt, silt, sandig morän, samt sand.

I valideringen av jordartskartan mot de fältbesökta tallfröplantagerna ingick 16 av 18 plantager eftersom uppgifter för två av dem saknades i jordartskartan (Se avsnitt 2.2.2 "Exkluderade fröplantager"). Valideringen visade att i 56 % av fallen överensstämde insamlade fältdata helt med kartan och i 38 % av fallen avvek det endast en klass ifrån samt i 6 % av fallen avvek de med mer än en klass (tabell 3). Antalet besökta tallfröplantager motsvarade 15 % av alla analyserade fröplantager.

Tabell 3. Validering av jordartskartans textur genom jämförelse med i fält insamlade data för jordart från 16 av de besökta tallfröplantagerna belägna i norra Sverige

	Antal av totala antalet fältbesökta tallfröplantager	Andel av totala antalet fältbesökta tallfröplantager
Överensstämmer helt	9 av 16	56 %
Avviker en texturklass från jordartskartan	6 av 16	38 %
Avviker mer än en texturklass från jordartskartan	1 av 16	6 %

Antalet besökta tallfröplantager av det totala antalet analyserade fröplantager

18 av 116

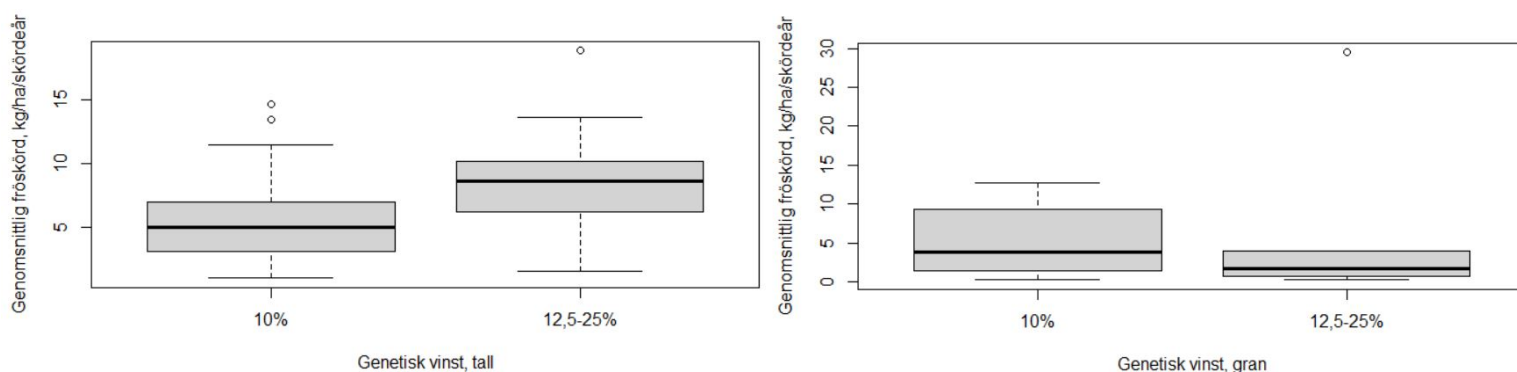
15 %

Texturklasserna skiljde sig mellan de besökta tallfröplantagerna och jordartskartan för tall respektive gran (tabell 1, bilaga 3).

3.2.2. Genetisk vinst

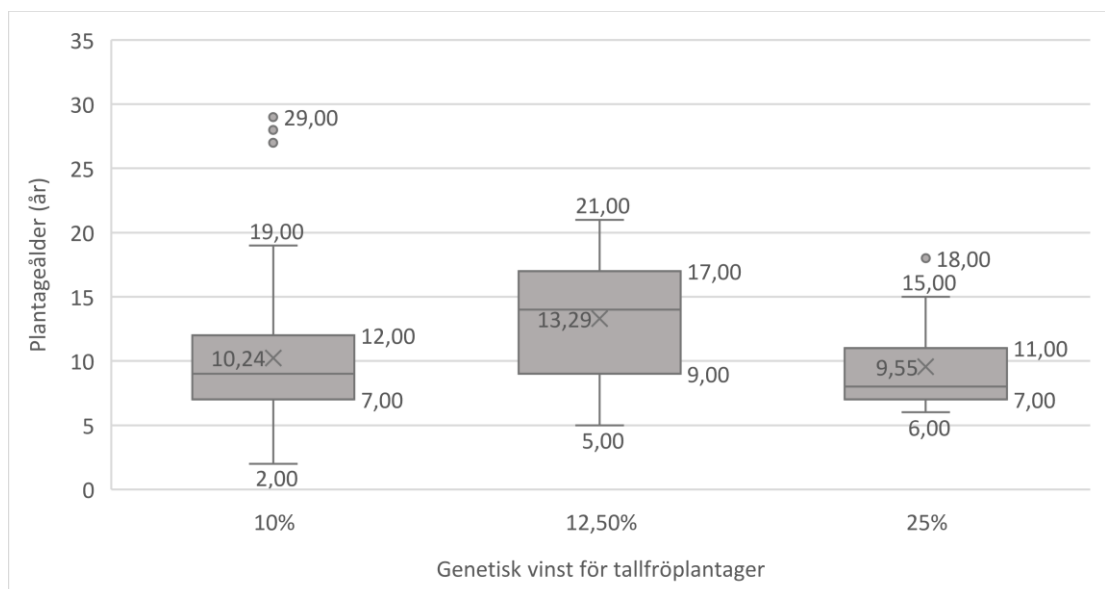
Resultatet av Post hoc-testen för tallfröskördar vid plantageålder 21–40 år (uttryckt som FS_b) visade att tallfröplantager med en genetisk vinst på 12,5–25 % i genomsnitt producerat högre fröskördar än tallfröplantager med en genetisk vinst på 10 % (figur 10, bilaga 1). Fröskörden var i genomsnitt 2,8 kg/ha/skördeår högre i tallfröplantager med en genetisk vinst på 12,5–25 % än en genetisk vinst på 10 % (figur 10, bilaga 1).

Resultaten för granfröskördar vid plantageålder 0–20 år (uttryckt som FS_a) visade däremot motsatsen. Granfröplantager med en genetisk vinst på 10 % hade hittills producerat mer frö än de med en genetisk vinst på 15–25 % (figur 10, bilaga 1). Fröskörden var där i genomsnitt 4,5 kg/ha/skördeår högre (bilaga 1). För tallfröskördar vid plantageålder 0–20 år (FS_a) och granfröskördar vid plantageålder 21–40 år (uttryckt som FS_b) fanns inga statistiskt signifikanta skillnader med avseende på genetisk vinst.



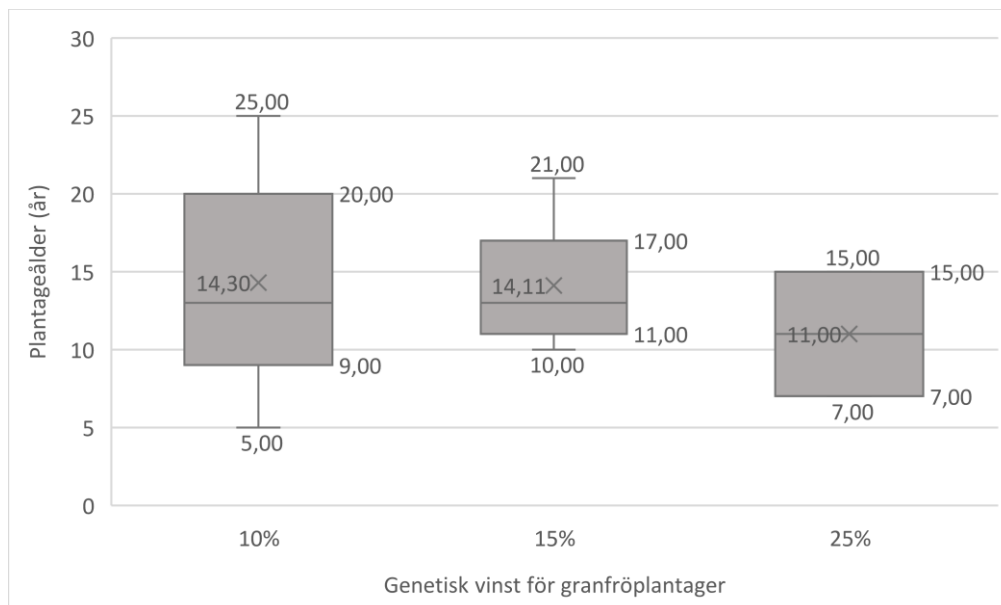
Figur 10. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår) uppdelat på genetisk vinst för tallfröskördar vid plantageålder 21–40 år och granfröskördar vid plantageålder 0–20 år.

Tallfröplantager med en genetisk vinst på 10 % hade i genomsnitt skördats för första gången efter 10,2 år. Motsvarande siffror, för plantager med genetisk vinst på 12,5 %, var 13,3 år och för plantager med genetisk vinst på 25 % var det 9,6 år (figur 11).



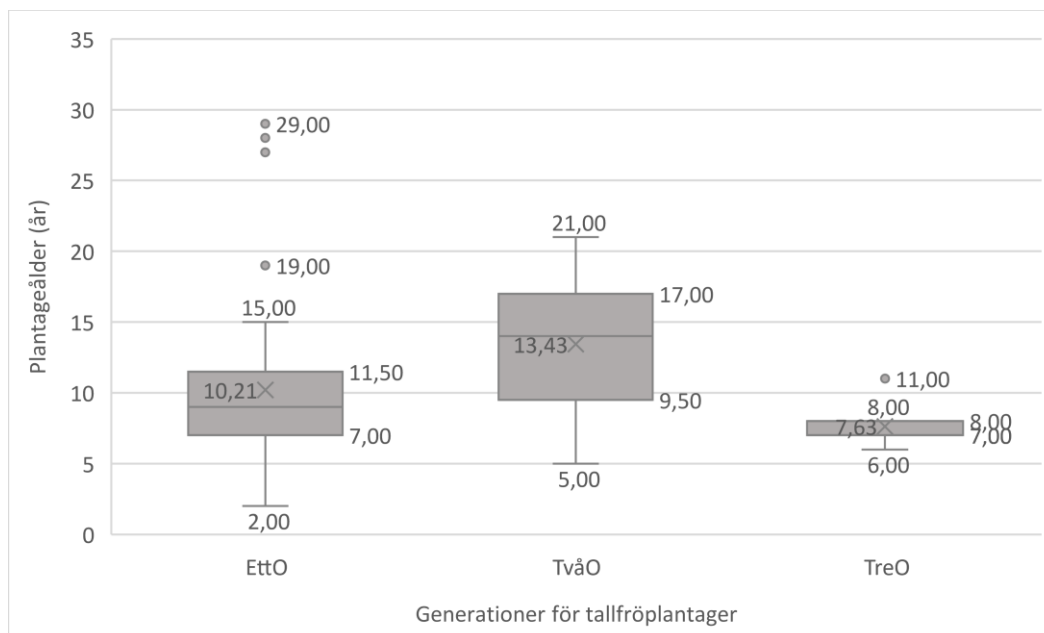
Figur 11. Tidpunkten för när tallfröplantager i genomsnitt skördats för första gången uppdelat i klasser baserade på plantagernas genetiska vinst (10 %, 12,5 % och 25 %).

Motsvarande analyser för gran visade att fröplantagerna med en genetisk vinst på 10 % i genomsnitt skördades för första gången efter 14,3 år, fröplantagerna med en genetisk vinst på 15 % efter 14,1 år och fröplantagerna med en genetisk vinst på 25 % efter 11 år (figur 12).



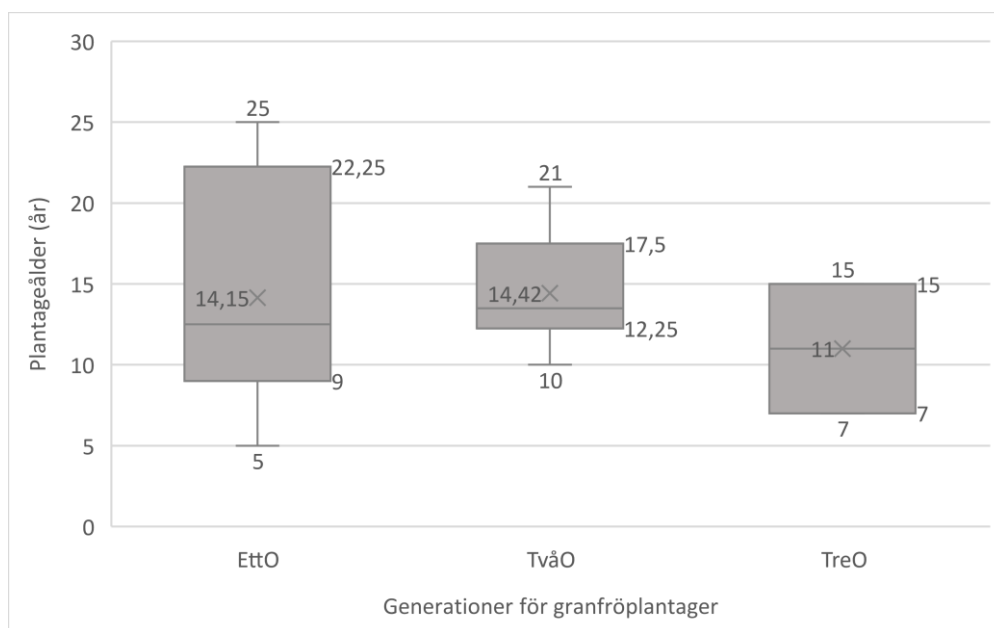
Figur 12. Tidpunkter för när granfröplantager i genomsnitt skördats för första gången uppdelat i klasser baserat på genetiska vinst (10 %, 15 % och 25 %) i granfröplantager.

EttO-plantager med tall hade i genomsnitt skördats för första gången efter 10,2 år, TvåO-plantager efter 13,4 år och TreO-plantager efter 7,6 år (figur 13).



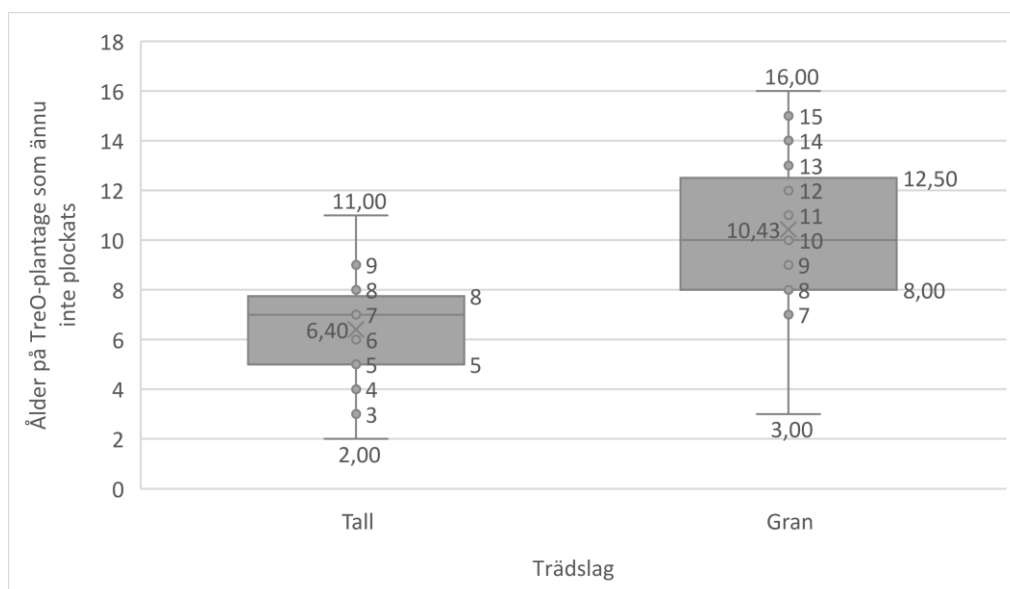
Figur 13. Genomsnittlig plantageålder vid första plockning av EttO, TvåO och TreO-tallfröplantager.

När det gällde gran hade däremot EttO-fröplantager i genomsnitt skördats för första gången efter 14,2 år, TvåO-fröplantager efter 14,4 år och TreO-fröplantager efter 11 år (figur 14).



Figur 14. Genomsnittlig plantageålder vid första plockning i EttO, TvåO och TreO-granfröplantager.

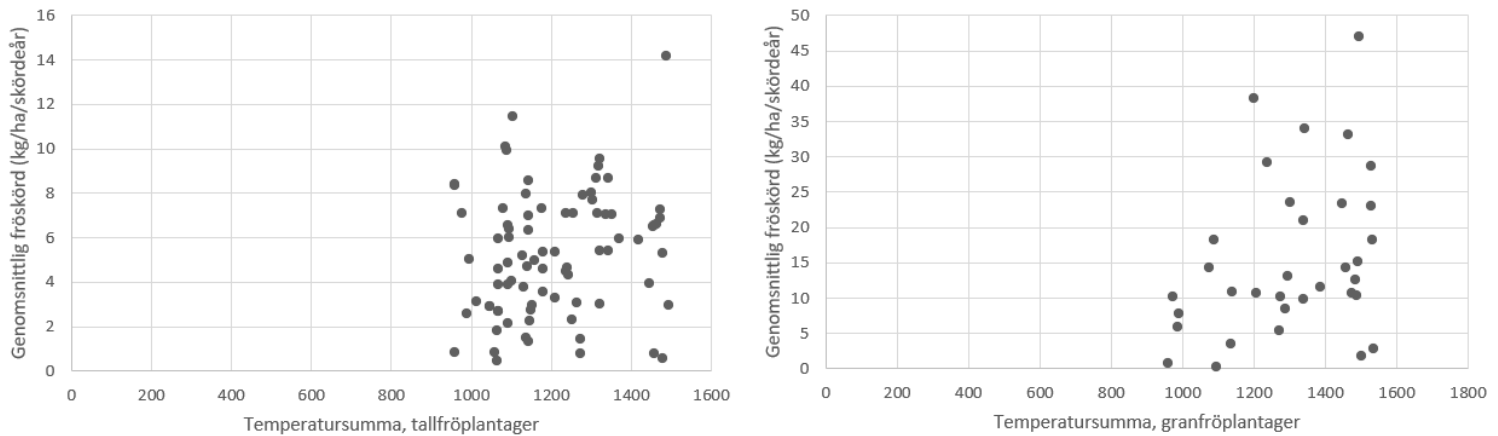
Det fanns ett antal TreO-plantager som ännu inte skördats. Denna kategori utgjordes av ett 20-tal tallfröplantager respektive granfröplantager. Av dessa var tallfröplantagerna mellan 2–11 år gamla och granfröplantagerna mellan 3–16 år gamla (figur 15).



Figur 15. Åldersfördelningen gällande TreO-fröplantager (tall respektive gran) som inte ännu hade plockats för första gången.

3.2.3. Temperatursumma

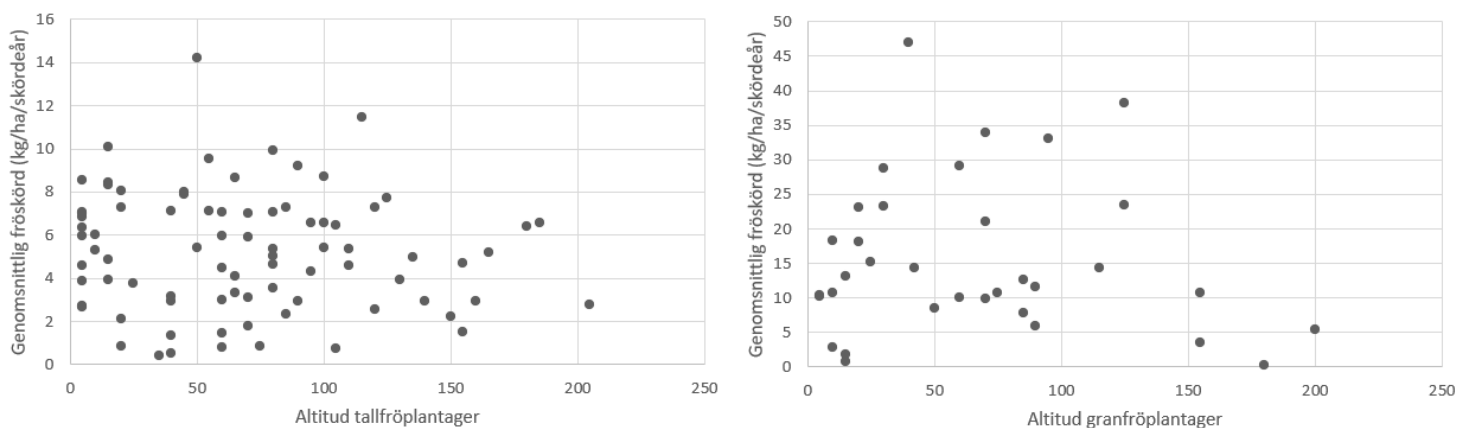
Det gick inte att se något tydligt samband mellan temperatursumma och fröskörd (uttryckt som FS_c), utan det fanns låga och höga fröskördar i hela spannet (figur 16). Studien visade inte heller att det fanns något statistiskt signifikant samband mellan temperatursumma och fröskörd (uttryckt som FS_a och FS_b) i de modeller som användes (tabell 2).



Figur 16. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår (FS_c)) i förhållande till områdets temperatursumma för tall- respektive granfröplantager.

3.2.4. Altitud

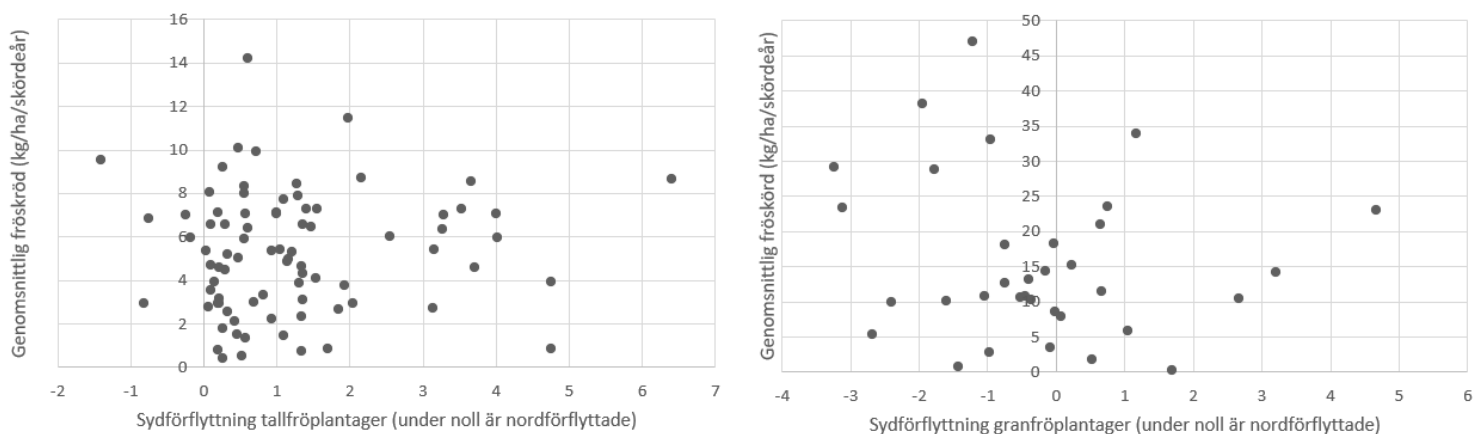
Det gick inte att se något tydligt samband mellan altitud och fröskörd (uttryckt som FS_c), utan det fanns låga och höga fröskördar i hela spannet (figur 17). Det fanns i detta material inga statistiskt signifikanta samband mellan altitud och fröskörd (uttryckt som FS_a och FS_b), för vare sig tall eller gran i någon av modellerna (tabell 2).



Figur 17. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår (FS_c)) i förhållande till plantagens altitud uppdelat på tall- respektive granfröplantager.

3.2.5. Sydförflyttning

Det gick inte att se något tydligt samband mellan sydförflyttning och fröskörd (uttryckt som FS_c), då både låga och höga fröskördar för nord- och sydförflyttat material registrerats (figur 18). I detta material fanns inga statistiskt signifikanta samband mellan sydförflyttning och fröskörd (uttryckt som FS_a och FS_b), för vare sig tall eller gran i någon av modellerna (tabell 2).



Figur 18. Genomsnittlig fröskörd (kg/ha/skördeår (FS_c)) i förhållande till plantagematerialets sydförflyttning uppdelat på tall- respektive granfröplantager.

3.3. Övriga analyser

3.3.1. Lutning

Lutningen var generellt måttlig i både tall- och granfröplantagerna vilket indikerade att de normalt var belägna på relativt plan mark. Lutningen varierade mellan 0–17° för tallfröplantagerna med ett medelvärde på 1,7° och 0–3° för granfröplantagerna med ett medelvärde på 1°.

3.3.2. Markförhållanden- dränering

Av de 18 fältbesökta fröplantagerna hade fem plantager förekomst av gleyfärger och övervägande en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % av exponerad yta. En fröplantage hade förekomst av gleyfärger och övervägande en täckningsgrad av rostfläckar på mindre än 5 % av exponerad yta. Tre fröplantager hade förekomst av gleyfärger, som både hade en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % av exponerad yta och en täckningsgrad av rostfläckar på mindre än 5 % av exponerad yta.

yta. Två fröplantager hade varierad förekomst av gleyfärger med varierad förekomst av täckningsgrad av rostfläckar av exponerad yta. Sju fröplantager hade mestadels ingen förekomst av rostfläckar (tabell 4).

Tabell 4. Gleyfärgsförekomst i de 18 tallfröplantager i norra Sverige som besöktes och inventerades i fält

Besökta tallfröplantager	Beskrivning av gleyfärgsförekomst
Alvik T1	Övervägande provpunkter har en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % av exponerad yta.
Alvik T2	Hälften av provpunkterna har en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % och hälften på mindre än 5 % av exponerad yta.
Östteg	Övervägande provpunkter har en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % av exponerad yta
Öden	Varierad förekomst av rostfläckar, från ingen alls till mer än 5 % av exponerad yta.
Sönnersta	Övervägande provpunkter har en täckningsgrad av rostfläckar på mindre än 5 % av exponerad yta.
Moliden	Innehåller provpunkter med täckningsgrad av rostfläckar både mindre än 5 % och mer än 5 %.
Västerhus	Övervägande provpunkter över har en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % av exponerad yta.
Dal	Varierad förekomst av rostfläckar. Övervägande provpunkter över har en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % av exponerad yta.
Våge	Hälften av provpunkterna har ingen förekomst av rostfläckar, medan hälften av provpunkterna har en täckningsgrad på mer än 5 % av exponerad yta.
Klocke	Inga tecken på rostfläckar.
Domsjöänget 411	Samtliga provpunkter har en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % av exponerad yta.
Domsjöänget 412	Hälften av provpunkterna har en täckningsgrad av rostfläckar på mer än 5 % och hälften på mindre än 5 % av exponerad yta.
Nedansjö	Inga tecken på rostfläckar.
Sörnedansjö	Inga tecken på rostfläckar.

Njuparna	Inga tecken på rostfläckar.
Gnarp	Inga tecken på rostfläckar.
Slåttholmen	Övervägande inga tecken på rostfläckar, men två av provpunkterna har rostfläckar mindre än 5 % av exponerad yta.
Skeppsholmen	Övervägande inga tecken på rostfläckar, men en av provpunkterna har rostfläckar mindre än 5 % av exponerad yta.

4. DISKUSSION

4.1. Skillnaden mellan historiska data från operationell fröplantageverksamhet och data från anlagda fältförsök

Att undersöka möjliga samband mellan operationella tall- och granfröplantagers historiska fröskördar och givna ståndortsfaktorer som textur, temperatursumma, altitud, lutning och dränering innebar en rad utmaningar. Detsamma gällde analyser för att se eventuella kopplingar mellan fröskörd och plantagematerialets ursprung (sydförflyttning) och genetiska vinst. Eftersom alla fröplantager i denna studie anlagts med syfte att producera frö till skogsbruket snarare än som specifikt designade fältförsök, med upprepningar för att studera effekter på fröskördar kopplade till ståndortsegenskaper och genetiskt material, var det svårt att dra allmänna slutsatser om enskilda effekter. Dessutom hade skötselåtgärderna varierat över tid och mellan plantager vilket ytterligare försvårade denna analys och tolkningen av resultaten. Möjligheten gavs dock att med hjälp av detta omfattande historiska datamaterial öka kunskapen och få indikationer kring möjliga direkta eller indirekta samband eller avsaknaden av sådana samband gällande ovan nämnda faktorer. Denna typ av information kan vara till hjälp vid etablering och val av lokaler för nya fröplantager om syftet är att förbättra potentialen till hög kott- och fröproduktion.

4.2. Fröskörd allmänt

Resultaten visade att det fanns en stor variation i genomsnittsskörd för de analyserade fröplantagerna för både tall och gran. Det var även möjligt att konstatera att fröplantager i alla tre geografiska områden (nordliga, mellersta och sydliga) fanns representerade i hela spannet från hög till låg genomsnittlig fröskörd (figur 5).

Den lägsta genomsnittliga tallfröskörden uttryckt som FS_d hade registrerats i Lustnåset och den största genomsnittliga fröskörden fanns i Asarum (figur 5). Jämförelserna gav delvis olika resultat beroende på hur fröskörden uttrycktes. Om man istället för fröskörd i (kg/ha/skördeår/plantageår (FS_d)) jämförde genomsnittlig total fröskörd i (kg/ha/skördeår (FS_c)) var den lägsta genomsnittliga tallfröskörden i Öden medan den största genomsnittliga fröskörden fortsatt var från Asarum (figur 6).

Den lägsta genomsnittliga granfröskörden var i Sollerön och den största genomsnittliga fröskörden var i Torarp (figur 7). När man istället bedömde minsta och största värde för skörden i (kg/ha/skördeår (FS_c)) var det samma fröplantager som representerade ytterligheterna, där den minsta genomsnittliga fröskörden var i Sollerön och största i Torarp (figur 8).

Jämförelserna påverkades alltså utifrån hur fröskörden uttrycktes och detta måste beaktas om slutsatser ska dras kring högsta och lägsta skörd. Vissa fröplantager gynnades vid jämförelser av fröproduktion när skörden uttrycktes på ett visst sätt medan andra missgynnades. Det fanns inget enkelt svar på vilket sätt som lämpade sig bäst för att beskriva avkastningen av fröskörd för att på bästa sätt få en jämförbar siffra gällande fröskörden, eftersom fröplantagerna hade så olika förutsättningar.

En risk med att uttrycka genomsnittlig fröskörd i (kg/ha/skördeår/plantageår (FS_d)) visade sig vara att vissa äldre fröplantager kunde ha slutat skördas men att alla år ändå räknades med och därigenom sänkte den genomsnittliga årliga skörden. Detta trots att dessa plantager om de plockats ofta hade gett en god fröskörd. På detta sätt kunde yngre fröplantager gynnas eftersom skörden där dividerades med färre antal år.

Ett problem med att använda (kg/ha/skördeår (FS_c)) för att uttrycka skörden var att de yngre fröplantagerna missgynnades när de jämfördes med äldre. Detta berodde på att de yngre inte hade genomgått sin mest produktiva tid ännu och därmed kanske inte gett sina högsta skördar eftersom fröplantager ger lägre skördar i början av sin livstid.

4.3. Markförhållanden – Jordart, textur och dränering

Denna studie kunde inte styrka hypotesen om att sandiga jordar varit de mest gynnsamma för fröproduktion. Studien visade att det fanns fröplantager som genererat höga genomsnittsskördar både på sandiga och leriga jordar men att inga signifikanta skillnader kunde konstateras mellan dessa. Studien visade dock att fröplantager på "lera-silt" producerade signifikant lägre fröskördar än fröplantager på lera för tallfröskördar (FS_b) vid plantageålder 21–40 år med en förklarandegrad

på 40 % (figur 9, bilaga 1). Detta gav en indikation på att det verkade mindre fördelaktigt att anlägga fröplantager på texturen ”lera-silt”. En möjlig förklaring till resultatet skulle kunna vara det relativt starka sambandet mellan jordart och fuktighet och en möjlig koppling till fröplantagens dränering. Precis som nämnts i inledningen är en väl-dränerad jord där rötterna inte riskerar att drunkna viktigt enligt Almqvist et al. (2007). Syret i marken är enligt Hu (1972) viktigt för rötternas aktivitet och syrebrist kan påverka bland annat rötternas tillväxt och upptagningsförmåga av vatten och näring. Flera av de studerade plantagerna som uppvisade sämre fröskördar hade enligt Wennström³ veterligen haft höga grundvattennivåer och likaså dräneringsproblem. Alvik T1, Alvik T2, Östteg, Dal, Robertsfors och Skatan var alla svåravvattnade tallfröplantager enligt Wennström⁴ och de hade dräneringsproblematik på grund av plan terräng och högt grundvatten. Dessa klassades dessutom som ”lera-silt” i studien. De tallfröplantager som klassats som ”lera-silt” och som besöktes i fält hade i stor utsträckning gleyfärgsförekomst, nämligen Alvik T1, Alvik T2, Östteg, Dal, Domsjöänget 411 och Domsjöänget 412 (tabell 4). Gleyfärgsförekomst är ett tecken på stillastående vatten ofta resulterande i syrebrist i marken, vilket kan ha missgynnat ymparna. Som tidigare nämnts poängterade Almqvist et al. (2007) vikten av en syrerik och porös jord för tall- och granrötterna och att det var bättre med en torrare mark där rötterna växte djupare snarare än att rötterna drunknade. Resultaten från markinventeringen i de 18 besökta tallfröplantagerna indikerade ett möjligt samband mellan dräneringsproblematik/gleyfärgsförekomst och fröskörd, men materialet var inte tillräckligt stort för att det skulle vara möjligt att dra några slutsatser baserade på statistiska analyser.

Qvick och Granlund (2018) studerade vad som kännetecknade en bra mark för odling och drog slutsatsen att en åkermark med lerig jordart var fördelaktig. Leriga jordar kan hålla tillräckligt med vatten samtidigt som rötterna har bra framtränglighet och därmed potential att utbreda sig eftersom lera kan aggregeras. Aggregeringen innebär att partiklarna fästs samman, vilket förbättrar rötternas syretillgång. Silt har liknande finkorniga och vattenhållande egenskaper, men aggregeras däremot inte vilket kan skapa problem för rötterna och kan därför anses sämre. Qvick och Granlund (2018) menade vidare att kapillariteten var en betydelsefull aspekt ur dränerings- och tjälskadeperspektiv. Fastän lera har högre kapillär stighöjd än silt teoretiskt sett, har silt högre kapillär stighastighet vilket gör att det löper större risk för tjäle i marken. Resultaten från Qvick och Granlund (2018) bekräftades av resultaten i denna studie där ”lera-silt”-marker producerat lägre frömängder. Precis som Qvick och Granlund (2018) resonerade kan detta dock även ha varit ett resultat av näringen och pH-värdet i marken som också kan ha påverkat, men som inte beaktades i detta sammanhang. Dessa egenskaper går

³ Ulfstand Wennström, seniorforskare, Skogforsk, intervju 2020-11-03

dock att reglera med kalk och gödselmedel medan markens jordart och textur är relativt permanent.

I en handledning av Danfors et al. (1997) om energiskogsodling av *Salix* belystes val av odlingsmark. Mojordar och leror skulle eftersträvas medan sandjordar och mjälajordar skulle undvikas. Sandjordar var olämpliga eftersom *Salix* var känslig för vattenbrist och mjäla var olämpligt på grund av dess täthet som hämmade rottillväxten vilket kunde resultera i syrebrist. Lerorna föredrogs eftersom de kunde aggregera och därmed förbättra rötternas möjligheter att komma åt näring och vatten.

Enligt de samlade resultaten från tidigare studier är det viktigt att växterna kommer åt vatten i tillräcklig mängd utan att rötterna hämmas av syrebrist eller att deras framtränglighet hindras. Det leder också till den tänkbara slutsatsen att silt är sämre ur både tjälperspektivet och på grund av dess täthet och därmed syrefattiga egenskaper. Man kan även tänka sig att sand håller för lite vatten. Det fanns inget i resultaten från denna studie som tydde på att torr mark gav högst skörd över tid. Torkstress kan resultera i hög skörd enskilda år, men i denna studie kunde det inte påvisas att detta gav högst skörd över tid. Resultaten indikerade på att fuktigheten och dräneringsmöjligheten som skötselåtgärd för fröplantagerna bör undersökas vid val av mark.

O'Berry (2017) undersökte markens styrka och jordkompaktion i tallfröplantager för att se hur det påverkade trädens kottmängd och krontäthet. Ett resultat av studien var att jordkompaktionen hade en negativ påverkan på kottproduktionen. I just denna region (North Carolina) har användningen av till exempel skylifts ökat i samband med utförande av kontrollerade korsningar samt vid fröskörd. Utifrån detta skulle användningen av tunga fordon som kör mellan raderna kunna orsaka att jorden kompakteras, eftersom en stor del av rötterna växer i området mellan raderna. Därför rekommenderades att hänsyn bör tas till risken för jordkompaktion för en viss textur vid val av ståndort för nya fröplantager. I framtiden kanske trafiken med tunga fordon mellan raderna i Sverige kommer öka varpå jordarten kan komma att få en allt större betydelse ur denna aspekt. En jordart som redan är en kompakt packad jord i sig, till exempel silt, löper större risk att packas ännu mer och bör eventuellt undvikas. En möjlig metod i framtiden är dock att använda sig av drönare vid skötselåtgärder⁴, vilket eventuellt skulle göra detta resonemang mindre relevant. Däremot förekommer plockning av vissa svenska fröplantager med skylifts, trots att de flesta hålls nere med beskärning för att kunna plockas från stegar.

⁴ Ulfstand Wennström, seniorforskare, Skogforsk, intervju 2020-11-03

För att kunna göra en mer omfattande analys av jordarterna användes i denna studie jordartskartan (SGU 2018a). Det var den bästa data som fanns tillgänglig, men resultaten bör tolkas med försiktighet eftersom uppmätta värden i fält saknas. I SGU (2018b) står beskrivet att Jordartskartan 1:25 000 – 1:100 000 är en ihopslagning av olika tidigare kartprodukter producerade från 1960-talet fram till nutid. Ihopslagningen över tid gör att det funnits olika förutsättningar där olika metoder har använts vid kartläggningen med olika presentationsskalor och varierande geografiskt material. Detta leder till en variation i kartproduktens kvalitet både gällande indelningen av jordart och platsnoggrannheten.

En validering gjordes av jordartskartan genom att jämföra den med resultaten från den genomförda jordarts- och texturinventeringen för 16 av de 18 besökta tallfröplantagerna. Resultaten av valideringen visade att jordartskartan stämde relativt bra med den bedömda jordarten på de fältbesökta tallfröplantagerna (se tabell 3 avsnitt 3.2.1). Det fanns därför en viss osäkerhet i datamaterialet kopplat till jordartsklassificeringen, men samtidigt var detta den bästa bedömningen som gick att göra utifrån den tid och de resurser som fanns tillgängliga.

4.4. Genetisk vinst

4.4.1. Genetisk vinst kopplat till fröskörd

Studien visade att tallfröplantager vid åldern 21–40 år med en genetisk vinst på 12,5–25 % i genomsnitt producerat högre (2,8 kg/ha/skördeår) fröskördar (FS_b) än tallfröplantager med en genetisk vinst på 10 % (figur 10, bilaga 1). Resultaten indikerade alltså i detta fall att fröplantager med en högre genetisk vinst gav högre fröskördar än fröplantager med en lägre genetisk vinst för tall. Granfröskördar i plantager mellan 0–20 år visade däremot motsatsen. Granfröplantager med material som hade en genetisk vinst på 10 % producerade mer frö (FS_a) (4,5 kg/ha/skördeår) än de med en genetisk vinst på 15–25 % (figur 10, bilaga 1). Vad detta berodde på är svårt att ge en förklaring till. Det skulle kunna finnas ett samband med att det i förädlingsprogrammet väljs mer på volymtillväxt, överlevnad och kvalitet än på fröproduktion. Detta skulle kunna leda till att man ovetandes delvis har förädlat bort hög fröproduktion. TreO-fröplantager skulle kunna producera mindre frö för att de består av material utvalt för att det växer fort men borde då kanske även kunna ge en tidigare skörd. En annan förklaring skulle kunna vara att granfröplantagerna som hade en genetiskt högre vinst i huvudsak var unga och inte hunnit ge sina högsta skördar ännu, vilket kan orsaka ett missvisande resultat. Att fröplantager med en högre genetisk vinst producerat lägre verkar dock inte ha varit fallet för tall.

4.4.2. Genetisk vinst kopplat till tidpunkt för första skörd.

För tall visade det sig att fröplantagerna med en genetisk vinst på 10 % i genomsnitt skördades för första gången efter 10,2 år, fröplantager med genetisk vinst på 12,5 % efter 13,3 år och fröplantager med genetisk vinst på 25 % efter 9,6 år (figur 11). Dessa resultat överensstämde relativt bra med vad Almqvist och Wennström (2020) fann där genomsnittstiden för nya tallplantager att nå produktion angavs vara cirka 10 år. Variationen för tall var stor gällande den tid som förflutit mellan etablering och plockning och det fanns ingen tendens till att TreO-fröplantagerna givit större och snabbare skörd än EttO-fröplantagerna. För tall var den TreO-plantage som plockats snabbast Bredinge FP-639 (efter 6 år) och den som plockats efter längst tid var Skeppsholmen FP-632 (efter 11 år). Av alla plantager i det ingående materialet var den tallfröplantage som plockades snabbast Västerby FP-44 (EttO) (efter 2 år) och den längsta tiden, 29 år, från etablering till plockning hade registrerats för Tällby FP-433 (EttO).

Resultaten för gran visade att fröplantagerna med en genetisk vinst på 10 % i genomsnitt skördats för första gången efter 14,3 år, fröplantagerna med en genetisk vinst på 15 % efter 14,1 år och fröplantagerna med en genetisk vinst på 25 % efter 11 år (figur 12). Resultaten från denna studie överensstämde också relativt bra med det Almqvist och Wennström (2020) fann, även om de hade en något längre genomsnittlig tid till skörd för gran och hade dessutom angett en plantageålder för södra (15 år) och en annan plantageålder för norra (20 år) Sverige. Sollerön FP-520 plockades för första gången 15 år efter etablering medan Sörgärde FP-518 plockades för första gången efter 7 år. Dessa två plantager motsvarade också den snabbaste respektive långsammaste av TreO-granfröplantagerna. Av alla plantager i det ingående materialet var den granplantage som plockades snabbast Björkebo FP-19 (EttO) som skördades redan efter 5 år efter etablering och de två som plockades efter längst tid, 25 år, var Årsunda FP-37 (EttO) och Ön FP-444 (EttO).

Tiden från att fröplantagen etablerats till start av fröproduktion skiljde sig mellan trädslag och fröplantager, vilket överensstämde med vad Rosvall et al. (2016) rapporterade. I denna studie var dock tidsspannet något längre för tall jämfört med Rosvall et al. (2016). Enligt Rosvall et al. (2016) kan det ta cirka 5–10 år till det att produktionen startar för tall och för gran tar det vanligtvis minst 10 år. I det analyserade materialet gällde tidpunkt för första plockning, medan Rosvall et al. (2016) angav när plantagerna börjat producera för första gången vilket inte alltid behöver överensstämma.

Vad gäller skillnaden i tid mellan de två olika plantagekategorierna baserade på genetisk vinst borde hypotetiskt sett tiden till att ymparna skördats för första gången ha blivit kortare med högre genetisk vinst. Så var inte fallet för tall, utan det tog längre tid till första skörd för en plantage med en genetisk vinst på 12,5 % (till stor

del TvåO-plantager) än en plantage med en genetisk vinst på 10 % (till stor del EttO-plantager). Det föreligger en möjlig förklaring till att tallen avvek gällande den trenden. Detta kan bero på att när fröplantager med en genetisk vinst på 12,5 % (framförallt TvåO-fröplantagerna) skulle plockas var man inte lika angelägen att plocka dem så fort som möjligt som när fröplantagerna med en genetisk vinst på 10 % och 25 % (framförallt EttO-fröplantagerna och TreO-fröplantagerna) skulle plockas för första gången. Därför väntade man tills de producerade så pass mycket att det var lönsamt att plocka och att internpollineringen skulle lyfta den genetiska vinsten till en högre nivå. Resultaten baserades på enbart 8 st TreO-tallplantager. Vad gällde granfröplantager var trenden att de plockades tidigare om de tillhörde kategorierna med ökad genetisk vinst. Resultaten var dock lite missvisande eftersom genomsnittet enbart byggde på de TreO-plantager som vid denna studies genomförande hade gett skörd (endast två TreO-granfröplantager) vilket inte alla befintliga TreO-plantager hade gjort. Det fanns ett antal TreO-plantager som ännu inte gett någon skörd, det var minst 12 tallfröplantager och 21 granfröplantager, varför denna siffra för TreO-fröplantagerna var låg. Exempelvis var den äldsta granfröplantagen som inte hade gett skörd ännu TreO-plantagen Ed/Östhammar som var 16 år gammal. Tallfröplantagerna som inte gett skörd varierade i ålder mellan 2–9 år och motsvarande tid för granfröplantagerna var mellan 3–16 år.

4.5. Klimatmässiga och topografiska faktorer - temperatur, altitud, sydförflyttning och lutning.

Denna studie visade inte några statistiskt signifikanta samband mellan fröskörd (uttryckt som FS_c) och de klimatmässiga faktorerna temperatursumma (figur 16), altitud (figur 17) eller sydförflyttning (figur 18). Den topografiska faktorn lutning analyserades inte statistiskt men inkluderades som ett underlag för diskussion.

4.5.1. Temperatursumma

Hypotesen gällande temperatursumma var att en högre temperatursumma skulle vara mer gynnsamt än en lägre och därmed bidra till en högre fröskörd, men i detta datamaterial kunde inte några skillnader i frömängd påvisas för vare sig tall eller gran i några av modellerna (tabell 2). I fråga om temperatursumma avvek därför resultaten från tidigare studier av Ilstedt och Eriksson (1982) som menade att både områdets makroklimat och det lokala klimatet hade inflytande på fröproduktionen och borde beaktas vid val av plantagemark. De poängterade att det var lokalklimatet som hade särskilt stort inflytande på fröproduktionen och menade att gynnsamma lokala klimatförhållanden kunde skapa goda resultat på platser där makroklimatet egentligen var olämpligt. Temperatursumman är dock ett generellt mått på platsens allmänna klimat och säger därför lite om lokalklimatet på platsen. Detta skulle

kunna indikera att temperatursumma inte är den mest användbara enheten för att beskriva klimatets påverkan på fröskörden, utan att det kan finnas andra temperaturvariabler som skulle kunna nyttjas som förklarande faktorer. En enhet som eventuellt kan förklara skillnader i fröskörd är exempelvis medeltemperaturen under juli månad initieringsåret, som enligt Ilstedt och Eriksson (1982) verkar vara den mest inflytelserika klimatfaktorn för blomningen. Deras studie visade att julitemperaturen tillsammans med fuktigheten under blomning normalt bestämde ungefär 90 % av fröproduktionen.

4.5.2. Altitud

I detta material fanns inga signifikanta samband mellan altitud och fröskörd (uttryckt som FS_a respektive FS_b) för vare sig tall eller gran i någon av modellerna (tabell 2). Hypotesen var att en lägre altitud skulle vara mer gynnsam än en högre, men i detta fall kunde ingen sådan tendens konstateras och resultaten avvek därför från tidigare forskningsresultat. Enligt en studie av Ilstedt (1982) bedömdes en nedförflyttning i altitud framkalla ökad blomning. Detta skulle i sin tur teoretiskt sett kunna leda till ökad kottproduktion och fröskörd. I en sammanställning av Enescu (1986) som diskuterade klimatfaktorers påverkan på fröplantager belystes en studie som analyserade effekterna av altitud på gran. Studien visade att gran som härstammade från höga altituder men växte på lägre altituder sköt skott tidigare under våren. Detta gav effekten av en lägre tillväxt och senare start för frösättning. I samma sammanställning av Enescu (1986) citerades i andra hand via Vincent (1953) Burgers (u.å.) observationen att gran som växte på lägre altitud krävde mindre mängd barr för att producera samma volym som gran på högre altitud. Detta ansågs bero på att tillväxttakten påverkades av vegetationsperiodens längd vilken i sin tur bland annat berodde på altituden. I en undersökning av tall i samma sammanställning av Enescu (1986) kunde observationer från Helleberghagen (1970) konstatera att procent matade frön, antalet frön per kotte samt tusenkornvikt var högre för frön skördade i plantagen från plusträdsympar (320 m.ö.h.) än för högt belägna plusträd (600–700 m.ö.h.). För tall hade frömognaden en negativ korrelation med altitud medan för hårdighet och tillväxt hade ursprungsaltituden en väldigt liten påverkan enligt Wennström et al. (2016). Vad gäller gran är ursprungsaltitudens påverkan inte helt klarlagd än, men de studier som hittills gjorts visar ingen påverkan (Wennström et al. 2016).

4.5.3. Sydförflyttning

I det analyserade datamaterialet kunde inga signifikanta samband ses mellan sydförflyttning och fröskörd (uttryckt som FS_a respektive FS_b) för vare sig tall eller gran i någon av modellerna (tabell 2). Hypotesen var att sydförflyttat material skulle ge högre fröskörd än icke sydförflyttat material och att det borde finnas ett optimum

eftersom en för stor sydförflyttning skulle kunna leda till mindre skördar (Ilstedt & Eriksson 1982). Enligt Ilstedt och Eriksson (1982) kunde sydförflyttning bidra till att frömogningen blev bättre, en tidigare och mer omfattande blomning samt bättre fysiologisk pollenisolering eftersom plantageträden börjar blomma tidigare än omkringliggande träd. De menade vidare att när sydförflyttningen blev för stor kunde detta leda till mindre skördar. Langlet (1943) observerade att tall som hade ett nordligare ursprung än sin odlingsplats, som alltså sydförflyttats, gav upphov till tidigare blomning av honblommorna medan förflyttning norrut resulterade i senare blomning. I samma studie observerades även att för hanblomning verkade blomningen vara mindre regelbunden. Resultaten i denna aktuella undersökning avvek alltså från dessa tidigare forskningsresultat.

Vid sydförflyttning sker skottskjutningen tidigare på våren och träden invintrar tidigare på hösten. Detta ger mindre tillväxt än det lokala materialet (Wennström et al. 2016). Nordförflyttning ger en motsatt effekt, nämligen en mer långvarig tillväxtsäsong och en ökad tillväxt (Wennström et al. 2016). Tallens hårdighet på hösten i norr påverkar överlevnaden, vilket gör att den i regel flyttas söderut för att bli hårdigare men genererar därför lägre tillväxt som följd (Wennström et al. 2016). För granen däremot är frosten på våren problematiskt, vilket gör att den nordförflyttas för att skapa bättre överlevnad och följden av detta är istället en ökad tillväxt (Wennström et al. 2016).

4.5.4. Lutning

Lutningen är en annan parameter som togs med i studien eftersom sydsluttningar med mycket solljus har visat sig vara gynnsamt (Ilstedt och Eriksson 1982). Sydsluttningar skulle därför kunna ha en gynnsam effekt på fröproduktionen jämfört med sluttningar i andra väderstreck. Lutningen togs dock inte med i analysen eftersom kvalitén på tillgängliga data var bristfällig. Data togs fram utifrån en höjdmodell som visade markens höjd över havet och därmed gav ett medelvärde av lutningen i grader för plantagen. Trots att en sammanslagning gjordes av rastret från 2 meters upplösning till 20 meters upplösning för att få med omkringliggande pixlar, gav det endast en punkt per plantage utifrån den koordinat som var angiven hos fröplantagen. Detta var problematiskt eftersom lutningen kunde variera inom fröplantagen, vilket då utgjorde en stor felkälla och gav en missvisande bild. Det var dock inom tidsramen för denna studie det bästa värde som kunde fås fram. Resultaten kunde alltså inte säga något om lutningen kopplat till fröskörden. Analysen visade dock att lutningen varierade mellan 0–17° för tallfröplantagerna med ett medelvärde på 1,7° och 0–3° för granfröplantagerna med ett medelvärde på 1°. De flesta fröplantagerna hade alltså en svag lutning, vilket indikerade på att huvuddelen var belägna på relativt plan mark.

4.6. Produktionshöjande skötselåtgärder

För att öka fröproduktionen på kort sikt skulle en intensivare skötsel under etableringsfasen och produktionsfasen kunna bedrivas enligt Almqvist och Wennström (2020). De menar att med gödsling under etableringsfasen kan plantageträden snabbare producera frön som en effekt av ökad tillväxt. Vidare föreslås beskärning och gallring under produktionsfasen som skötselåtgärder som skulle kunna leda till en 15–20 % högre fröproduktion i en enskild plantage. Gallring bör dock inte ske i granfröplantager, utan gran trivs bättre när förbanden hålls täta.

Enligt Almqvist och Wennström (2020) är blomningsstimulering med hormonet Gibberellin en annan produktionshöjande åtgärd. Fröproduktionen kan dessutom förstärkas med rotbeskärning vilket försämrar trädens vattenupptagningsförmåga och leder till torkstress med ökad blomning som effekt. I rapporten nämns att det har visat sig att gibberellinbehandling av gran kan ge upp till 70 % ökad produktion eller mer, men detta är då det lyckas bra vilket det inte alltid gör. De bedömer att det kan lyckas ungefär vid vart annat försök. De menar vidare att man kan vänta sig en genomsnittlig ökning för gran på 20 %. De hävdar även att för tall är effekten mer tillförlitlig men ger däremot en lägre produktionsökning än för gran på motsvarande ungefär 30–40 % vid en lyckad behandling och en genomsnittlig ökning på 20 %.

Det är komplicerat att analysera ståndortsfaktorernas påverkan eftersom strategin för skötsel och anläggning av fröplantagerna har sett olika ut över tid. En slutsats av Ilstedt och Eriksson (1982) var dock att trots försök med gödsling och andra skötselåtgärder är det svårt att lyckas med en fröplantage om placeringen inte överensstämmer med rekommendationerna gällande ståndortsförhållanden och klimatet.

4.7. Styrkor och begränsningar i arbetet samt möjligheter till framtida studier

Studien hade både styrkor och begränsningar. En styrka var att datamaterialet för fröskörd som utgjorde grunden för studien var rikstäckande och omfattade både tall och gran med ett stort antal observationer. Det var en sammanställning av fröskördar från start 1966 och framåt. Resultaten kunde alltså baseras på en analys av en större mängd fröplantager vilket gjorde att den fångade upp ett brett spann av data, men det betydde också att respektive fröplantage inte kunde analyseras i detalj.

En begränsning var att jordarts- och texturdata till största delen baserades på jordartskartan och inte på mätningar i fält, vilket innebar att det kunde finnas avvikelser i jordartskartans klassificering som gav upphov till felaktiga resultat. En styrka var däremot att resultaten från valideringen visade att jordartsbedömningen i fält stämde bra överens med kartan. Detta gav en indikation på att det fanns ett relativt bra kartmaterial att utgå ifrån. Om det funnits mer tid hade mätningar på plats såklart varit att föredra.

Studien baserades på data från operationella fröplantager och blev därför inte lika noggrann som ett anlagt kontrollerat experiment eftersom alla påverkande faktorer inte kunnat kontrolleras. Faktorer som inte inkluderats var till exempel anläggningsmetoder och skötsel som kan ha varierat mellan fröplantager och över tid. Plantageägarna kan ha blivit duktigare på att sköta fröplantager sedan starten och därför hade inte alla fröplantager samma förutsättningar. Skötselåtgärder såsom beredning av marken, bevattningsmöjligheter, dränering, näringstillgång, gödsling, beskärning, hormonbehandling, förband och gallring skulle kunnat förklara en del av skillnaderna. Det fanns inte utrymme i detta arbete att fokusera på alla dessa faktorer.

Det fanns även andra faktorer som utmärker ett gynnsamt klimat och som eventuellt hade kunnat förklara fröskördsvariationer bättre, men som inte fångats upp i denna studie. Vindriktningen var en parameter som övervägdes att inkluderas, eftersom det i en tidigare undersökning av Ilstedt och Eriksson (1982) rekommenderats skyddade lägen då det visat sig att ymparna klarat sig sämre i exponerade lägen jämfört med de som varit skyddade från hårda dominerande vindar från norr och sydväst. Datamaterialet som fanns tillgängligt kom från väderstationer runt om i landet. Det fanns i detta material information om hur många procent av de totala vinddata som var fördelade på respektive huvudvindriktning. Parametern valdes dock bort på grund av tidsbrist samt för att vinden kunde variera mycket lokalt och kunde då skilja sig mycket från väderstationen och fröplantagen, vilket skulle påverka precisionen i resultaten. Detta kan vara intressant att titta närmare på i framtida studier genom att till exempel placera någon form av väderstation på fröplantagen. En faktor som också är eftersträvänsvärt och som övervägdes att inkluderas i studien var effekterna av topografi och upphöjda lägen som motverkar flöden av dimma och kalla luftströmmar genom fröplantagen. Det är vanligen hörnen eller delar av fröplantagen som blir mest drabbade och i värsta fall dör ymparna (Ilstedt & Eriksson 1982). En annan faktor som inte togs med var medeltemperaturen under juli månad som nämndes ovan (se avsnitt 4.5.1). En del av skillnaderna kunde också vara ett resultat av klimatförändringar som inte går att styra i sammanhanget. Dessa faktorer kanske i högre grad kan förklara skillnaderna i fröskörd.

Förutom att dessa abiotiska faktorer kunnat påverka fröskörden, fanns även biotiska faktorer som påverkat såsom förekomst av insekter och rostsvampar på gran (Almqvist & Wennström 2009). Dessa kan förstöra en hel skörd av tallfrö i norra Sverige och granfrö över hela landet (Almqvist & Wennström 2009).

Utöver de biologiska faktorerna som påverkat variationen i fröskörd, fanns även ekonomiska faktorer. Kostnader och andra avvägningar kan ha påverkat plockningen och styrts av tillgång på frö eller på resurser för att plocka kottarna (Almqvist & Wennström 2009). Vissa plantageägare vill eventuellt inte hantera små mängder frö även om det är bra kvalitet, medan andra prioriterar även små mängder frö med liten vinst. Det kan även finnas en skillnad i inställning gällande prioritering mellan att plocka från tall- eller granfröplantager som kan ha påverkat skördedatat. Gran skördades, till skillnad från tall, i regel nästan alltid om det fanns kott och valdes sällan bort. Detta berodde på granfröbristen, och att gran har mer oregelbunden blomning och angrips av fler skadeinsekter. Detta gör i sin tur att granfrö är mer eftertraktat, medan det ibland finns ett överskott av tallfrö i stora delar av landet. Därför kan vissa tallfröskördar ha valts bort trots att det funnits frö.

Det kan även ha funnits störningar såsom ofullkomligheter i redovisningen eller skrivfel och ofullständig kottplockning. Det gick inte att veta i vilka fall det inte funnits frö att plocka eller om fröplantageägarna valt att inte plocka dem, vilket var en brist med datamaterialet. Det kan även förekomma en skillnad i hur plantageägarna valt att sköta plantagerna och hur de med skötseln modifierat resultatet av fröskörden. Ett exempel på det var att vissa plantageägare avvaktat med att beskära träden för att de väntat på en stor skörd (genom att titta på anlagen). Detta hade i en del fall kunnat leda till att beskärningen blivit eftersatt och att plantager på sikt eventuellt gav sämre skördar. Andra plantageägare kan ha haft en annan strategi gällande detta.

Om de icke statistiskt signifikanta skillnaderna berodde på att de analyserade faktorerna inte hade någon påverkan eller om det berodde på att de slås ut av andra faktorer är osäkert. Alternativt skulle det kunna bero på att faktorerna är uttryckta på fel sätt, till exempel att skördedatat skulle ha uttryckts annorlunda eller att temperatursumma inte var det bästa sättet att uttrycka klimatet på.

Det här arbetet kan ändå ge tips och inspiration till hur vidare studier skulle kunna utföras. För ytterligare forskning vore det intressant att göra en studie i form av ett experiment där man kan kontrollera för fler faktorer på samma gång, vilket skulle kunna ge ett säkrare resultat och eventuellt leda fram till vilka variabler som bäst förklarar skillnaderna i fröskörd.

5. SLUTSATS

Utifrån resultaten kan slutsatsen dras att fröplantager på lera-silt-marker producerat sämre än plantager på lera-marker när det gällde tallfröskördar från plantager i åldern 21–40 år. Fröskörden var högre för tallfröplantager med en genetisk vinst på 12,5–25 % jämfört med fröplantager med en genetisk vinst på 10 % för tallfröskördar vid plantageåldern 21–40 år. Fröskörden var högre i granfröplantager med en genetisk vinst på 10 % jämfört med plantager med en genetisk vinst på 12,5–25 % för granfröplantager i åldern 0–20 år. De flesta fröplantagerna var belägna på plan mark. Resultaten indikerade att fuktigheten och dräneringsmöjligheten i fröplantagerna bör undersökas vid val av mark. Däremot kunde inga statistiskt signifikanta samband påvisas mellan fröskörd, temperatursumma, altitud och sydförflyttning. Baserat på analysen av dessa data verkar dessa faktorer ha mindre effekt på kottproduktionen, men resultaten måste tolkas med försiktighet eftersom de bygger på data från operationella fröplantager och inte planerade försök. Även en mängd andra effekter som till exempel plantageskötsel, som inte kunde tas med i modellerna, kan ha påverkat skörden. Tidigare forskning pekar på att följande faktorer kan ha betydelse för blomningen: Arvsanlag, ljusförhållanden, näringsförhållanden i växt och mark, makro- och mikroklimat, marktemperatur, sydförflyttning, nedförflyttning i altitud, juli månads temperatur, vind, gödsling och beskärning. Storleken på fröskörden påverkas alltså av många faktorer och dessa kan sam-/motverka varandra. Även om alla tidigare slutsatser inte gick att bekräfta vid aktuell analys av historiska skördedata, visar litteraturgenomgången att dessa faktorer kan påverka fröskörden och att de bör övervägas.

6. Referenslista

- Ackzell, L. (1994) *Nya regler för handel med frö och plantor*. [Faktablad].
Garpenberg. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsproduktion avd för skogsförnyelse. *Plantnytt*. 1994:5,
https://www.skogforsk.se/cd_20191106190530/contentassets/859d6b3b419549d99b8b0c6a28130c63/plantnytt-1994-5.pdf [2020-12-07]
- Almqvist, C., Rosvall, O., Wennström, U. (2007). *Fröplantager: anläggning och skötsel*. Uppsala: Skogforsk.
- Almqvist, C., Wennström, U. (2009). *Granfröplantageskötselresa 2009-08-31--09-03: noter från besök i respektive plantage*. Arbetsrapport från skogforsk 2009:697 . Uppsala: Skogforsk.
- Almqvist, C., Wennström U. (2020). *Förädlad skogsodlingsmaterial 2020-2064*. (Arbetsrapport/Skogforsk 1066-2020). Uppsala: Skogforsk.
- Almqvist, C., Bergsten, U., Bondesson, L., Eriksson, U. (1998). Predicting germination capacity of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seeds using temperature data from weather stations. *Canadian journal of forest research*. 28 (10), 1530–1535. <https://doi.org/10.1139/cjfr-28-10-1530>
- Andréasson, P-G (red.). (2006). *Geobiosfären: en introduktion*. 1 uppl., Lund: författarna och studentlitteratur. 604 sidor.
- Avenza Systems Inc. (u.å.). *Avenza Maps*. <https://www.avenza.com/avenza-maps/> [2020-12-06]
- Berlin, M., Almqvist, C., Haapanen M., Högberg K-A., Jansson G., Persson T., Ruotsalainen S. (2019). *Common Scots pine deployment recommendations for Sweden and Finland*. (Arbetsrapport 1017-2019). Uppsala: Skogforsk.
https://www.skogforsk.se/cd_20190510095857/contentassets/d6472db34bec4f10b0c9b5c694f2fd08/arbetsrapport-1017-2019.pdf [2021-03-24]
- Berlin, M., Ericsson T., Andersson Gull B. (2014). *Plantval- manual med implementeringsteknisk bakgrund*. (Arbetsrapport från Skogforsk 851-2014).

Uppsala: Skogforsk.

https://www.skogforsk.se/cd_20190114162252/contentassets/8087bdb2d16b462582e9a49d5330dd04/plantval-manual-med-implementeringsteknisk-bakgrund.pdf [2021-03-24]

Danfors, B., Ledin, S., Rosenqvist, H. (1997). Energiskogsodling Handledning för odlare. JTI informerar Nr 1. Uppsala: Jordbrukstekniska institutet.

Dietrichson, J., Feilberg, L., Hadders, G., Koski, V. (1982). *Fröproduktion i nordiska fröplantager. 2, Fröplantageverksamheten i de nordiska länderna.* (Rapporter och uppsatser Sveriges lantbruksuniversitet institutionen för skogsgenetik 34) Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Enescu, V. (1986). Climate and the Choice of Seed Orchard Sites. *Forest ecology and management*. 19. (1-4) 257-265. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(87\)90035-1](https://doi.org/10.1016/0378-1127(87)90035-1)

Eriksson, G., Ekberg, I., Clapham, D. (2006) *An introduction to forest genetics*. 2 Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Department of Plant Biology and Forest Genetics. https://plantbio.vbbsg.slu.se/webb/forgen/Forest_Genetics.pdf [2021-04-12]

ESRI. (2016). *What is ArcMap?*.

<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/main/map/what-is-arcmap-.htm> [2020-12-06]

Fox, J. (2016). *Applied regression analysis and generalized linear models*. 3. Los Angeles: SAGE.

Hannerz, M., Eriksson U., Wennström U., Wilhelmsson L. (2000). *Tall- och granfröplantager i Sverige: en beskrivning med analys av framtida fröförsörjning = Scots pine and Norway spruce seed orchards in Sweden : a description with an analysis of future seed supply*. Uppsala: SkogForsk.

Hu, S-C. (1972). *Variations in oxygen content of forest soils under mature loblolly pine stands*. LSU Agricultural Experiment Station Reports. 105. <http://digitalcommons.lsu.edu/agexp/105>

Ilstedt, B. (1982). *Fröproduktion i nordiska fröplantager. 3, En litteraturstudie.* (Rapporter och uppsatser Sveriges lantbruksuniversitet institutionen för skogsgenetik 35). Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Ilstedt, B., Eriksson, G. (1982). *Fröproduktion i nordiska fröplantager. 1, Orsaker till skillnader i fröproduktion mellan plantager och år.* (Rapporter och

uppsatser Sveriges lantbruksuniversitet institutionen för skogsgenetik 33).
Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Jordbruksverket. (2003). *Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling*.
http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p7_18.pdf
df [2021-03-10]

Karlsson, C., Sikström U., Örlander G., Hannerz M., Hånell B., Fries., C. (2017).
Naturlig förnygring av tall och gran. Skogsstyrelsen, Skogsskötselserien 4.
Jönköping: Skogsstyrelsen.

Langlet, O. (1943) Fotoperiodism och proveniens hos tallen. *Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt*. 33. 328-330
https://pub.epsilon.slu.se/10197/1/medd_statens_skogsforskningsanst_033_05.pdf
[2021-01-15]

Lantmäteriet. (u.å.). *Kartsök och ortnamn*. <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/Kartor/kartsok-och-ortnamn/> [2021-03-09]

Lantmäteriet. (2017). *Produktbeskrivning: GSD-Höjddata, grid 2+*. raster.
[Kartografiskt material]

Lantmäteriet. (2020a). Ortofoto IR 0,5 m. raster. [Kartografiskt material]

Lantmäteriet. (2020b). Allmänna kartor: Terrängkartan. raster. [Kartografiskt material]

Lindgren, D., Prescher, F. (2008). *Bättre fröplantager för Sveriges framtid*.
[Faktablad]. (Fakta. Skog 2008:2). Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
https://arbetsplats.slu.se/sites/sfak/faculty_doc/Delade%20dokument/fakta_skog/FaktaSkog_02_2008.pdf [2020-12-18]

Lundmark, J-E. (1986a). *Skogsmarkens ekologi: Ståndortsanpassat skogsbruk Del 1. Grunder*. Kap 4. Jönköping: Skogstyrelsen.

Lundmark, J-E. (1986b). *Skogsmarkens ekologi: Ståndortsanpassat skogsbruk Del 1. Grunder*. Kap 3. Jönköping: Skogstyrelsen.

Lundmark, J-E. (1988). *Skogsmarkens ekologi: Ståndortsanpassat skogsbruk Del 2. Tillämpning*. Kap 1. Jönköping: Skogstyrelsen.

O'Berry, S.M.L. (2017). *Soil Compaction in Loblolly Pine Seed Orchards and the Impacts on Tree Health and Cone Yields*. Raleigh, North Carolina. North Carolina State University. Forestry and Environmental Resources.

Perttu, K., Morén, A.-S. (1994). *Regional temperature and radiation indices and their adjustment to horizontal and inclined forest land*. (Studia forestalia Suecica 194). Uppsala: Skogsvetenskapliga fakulteten, Sveriges länbruksuniversitet.
<https://doi.org/10.1/SFS194.pdf>

Qvick, E., Granlund, J. (2018). *Markegenskaper och dess lämplighet för odling eller byggnation. En studie om markanvändning samt verktyg och bestämmelser vid regional och kommunal placering i Stockholms län*. (TRITA-ABE-MBT 18237). KTH. <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1237108&dswid=4926>

Rosvall, O., Andersson Gull, B., Berlin, M., Högberg, K-A., Stener, L-G., Jansson, G., Almquist, C., Westin, J. (2016). *Skogsträdsförädling*. Skogsstyrelsen, Skogsskötselserien 19, 104 s. Jönköping: Skogsstyrelsen.
<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/19-Skogstradsforadling.pdf>

Rosvall, O., Jansson G., Andersson B., Ericsson T., Karlsson B., Sonesson J., Stener L-G. (2001). *Genetsika vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar, Genetic gain from present and future seed orchards and clone mixes*. Redogörelse 1. Uppsala: Skogforsk.

Rstudio. (2020). *Rstudio desktop*. Version: 4.0.3.
<https://rstudio.com/products/rstudio/> [2020-10-10]

Skogskunskap. (u.å.). *Temperatursumma*. <https://www.skogskunskap.se/rakna-med-verktyg/mata-skogen/temperatursumma/> [2021-03-09]

Skogsstyrelsen. (2020). *Rikslängd fröplantager*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/lag-och-tillsyn/skogsodlingsmaterial/rikslangden-och-national-list/froplantager-2020-06-17.pdf> [2021-12-06]

SLU. (2019). *Fältinstruktion 2019 för Riksskogstaxeringen och Markinventeringen*. Umeå: SLU.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/faltinst/ris_fin_2019.pdf [2020-12-06]

Sveriges geologiska undersökning, SGU. (u.å.). *Jordarter 1:200 000, Västernorrland*.

<https://www.sgu.se/produkter/kartor/kartvisaren/jordkartvisare/jordarter-1200-000-vasternorrland/>. [2021-03-09]

Sveriges geologiska undersökning, SGU. (2018a). *Produktbeskrivning: Jordarter 1: 25 000 - 1:100 000; JG2*. vektor. [Kartografiskt material]

Sveriges geologiska undersökning, SGU. (2018b). *Produktbeskrivning av Jordarter 1:25 000-1:100 000*. <https://resource.sgu.se/dokument/produkter/jordarter-25-100000-beskrivning.pdf> [2021-03-24]

Wennström, U., Hjelm, K., Lindström, A., Stattin, E. (2016). *Produktion av frö och plant* Skogsstyrelsen, Skogsskötselserien 2, 80 s. Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-2-produktion-av-fro-och-plant.pdf>

7. BILAGOR

7.1. Bilaga 1. Estimat, standardavvikelse och p-värde från Post hoc- Tukey test av tall- och granfröskörden uttryckt som FS_a respektive FS_b uppdelat på de faktorer som var statistiskt signifikanta i variansanalysen (faktorer i modellen som inte var signifikanta rapporteras som NS i tabellen.

		Estimat	Sd	p-värde
Tallfröskördar 0–20 år				
Temperatursumma	NS			
Textur	NS			
Genetisk vinst	NS			
Sydförflyttning	NS			
Altitud	NS			
Tallfröskördar 21–40 år				
Temperatursumma	NS			
Textur				
	Lera - Lera_silt	4,362	1,37	0,0283
	Lera - Lerig moran	-0,506	2,22	
	Lera - Sand	1,491	1,29	
	Lera - Sandig moran	0,754	1,80	
	Lera - Silt	0,304	1,65	

	Lera_silt - Lerig moran	-4,869	2,39	
	Lera_silt - Sand	-2,872	1,14	
	Lera_silt - Sandig moran	-3,608	1,97	
	Lera_silt - Silt	-4,059	1,48	
	Lerig moran - Sand	1,997	2,32	
	Lerig moran - Sandig moran	1,261	2,43	
	Lerig moran - Silt	0,810	2,56	
	Sand - Sandig moran	-0,736	1,89	
	Sand - Silt	-1,187	1,45	
	Sandig moran - Silt	-0,450	2,21	
Genetisk vinst Sydförflyttning	1: a gen – 2–3:e gen NS	-2,8	0,986	0,0064
Altitud	NS			
Granfröskördar 0–20 år				
Temperatursumma	NS			
Textur	NS			
Genetisk vinst	10 % - 12,5–20 %	4,48	1,97	0,0381
Sydförflyttning	NS			
Altitud	NS			
Granfröskördar 21–40 år				
Temperatursumma	NS			
Textur	NS			
Genetisk vinst	NS			
Sydförflyttning	NS			
Altitud	NS			

7.2. Bilaga 2. Fröplantagenummer och namn för de exkluderade tall- och granfröplantagerna.

Fröplantagenummer och namn	Anledning exkludering
	Anledning kopplad till jordart och textur:
FP-601 Almnäs	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-508 Almnäs	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-402 Alnön	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-466 Aspanäs	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-639 Bredinge	Svallsediment grus, endast en observation.
FP-478 Drögsnäs	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-628 Drögsnäs	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-507 Gringelstad	Flygsand, endast en observation.
FP-56 Hensbacka	Urberg, endast en observation.
FP-13 Hissjön	Isälvsediment, den hade ingen texturklass.
FP-516 Hjorten	Isälvsediment, den hade ingen texturklass.
FP-403 Nedansjö	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-616 Sollerön	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-630 Sundsvall Elit	Endast morän, den hade ingen texturklass.
FP-39 Svartnäs	Berg, endast en observation.

Alla nedastående har antingen avsaknad av annan faktor eller för få antal fröskördar:

FP-467 Aspanäs
 FP-24 Björkåbäck
 FP-494 Borgvik
 FT-901 Brunsberg zon5
 FT-902 Brunsberg zon6
 FP-17 Dal
 FT-907 Ekebo klonarkiv
 FP-505 Elit 98/1
 FP-? Gagnef
 FP-? Gårdsjö
 FP-510 Gälltofta-2
 FP-411 Hedesunda
 FP-426 Holm
 FP-638 Hortlax Elit
 FT-918 Klonarkiv Ekebo
 FP-? Knatte Masugn

FP-? Långhag
FP-404 Lövsjön
FP-605 Modellfröplantage Sävar
FP-431 Moviken
FP-510 Nässja
FP-86 Olofs
FP-513 Prästtorp G7
FP-? Salomonbesök
FP-436 Skeppsholmen
FP-50 Stenkelösa
FP-630 Sundsvall elit
FP-432 Tällby
FP-514 Åby
FP-? Öja

7.3. Bilaga 3. Gruppering av texturklasserna från jordartskartan inför analysen.

Texturklassning jordartskartan	Texturklassning analysen
Glacial grovsilt-finsand	Sand
Glacial lera	Lera
Glacial silt	Silt
Isälvssediment, sand	Sand
Lera	Lera
Lera-silt	Silt, för gran, på grund av för få observationer
Lera-silt	Lera-silt, för tall, på grund av att det fanns flera observationer
Lerig morän	Lerig morän
Morängrovlera	Lerig morän
Postglacial finlera	Lera
Postglacial finsand	Sand
Postglacial lera	Lera
Postglacial sand	Sand
Postglacial silt	Silt
Sandig morän	Sandig morän
Silt	Silt
Svämsediment, ler-silt	Lera-silt
Svämsediment, ler-silt	Silt (gran)
Älvsediment, grovsilt-finsand	Sand
Älvsediment, sand	Sand

7.4. Bilaga 4. Fröplantagenummer och namn för de 82 analyserade tallfröplantagerna.

Fröplantagenummer och namn
FP-59 Albjershus
FP-636 Albjershus_TreO
FP-601 Almnäs
FP-402 Alnön
FP-626 Alvik T1
FP-627 Alvik T2
FP-611 Asarum
FP-493 Askerud
FP-466 Aspanäs
FP-406 Bogrundet
FP-639 Bredinge
FP-18 Brån
FP-625 Dal
FP-411 Domsjöänget 411
FP-412 Domsjöänget 412
FP-478 Drögsnäs 478
FP-628 Drögsnäs 628
FP-40 Dömle
FP-49 Ekebo
FP-462 Forn-Wij
FP-620 Gnarp
FP-606 Gotthardsberg
FP-34 Gropbacka
FP-29 Grånäs
FP-610 Hade
FP-486 Hammartorp
FP-55 Harastorp
FP-56 Hensbacka
FP-401 Hortlax
FP-637 Husta
FP-123 Klocke
FP-624 Köpmanholmen
FP-604 Lilla Istad
FP-24 Long
FP-485 Lustnäset 485

FP-495 Lustnäset 495
FP-603 Lycksta
FP-463 Långlandet
FP-634 Långnäs
FP-48 Långtora
FP-609 Moliden
FP-602 Mosås
FP-403 Nedansjö
FP-441 Nervsön
FP-633 Njuparna
FP-60 Olofs
FP-129 Pattorp
FP-42 Påarp
FP-622 Pålberget T5
FP-623 Pålberget T6
FP-30 Rankhyttan
FP-886 Robertsfors
FP-35 Rönningen
FP-45 Saleby
FP-1 Skaholma
FP-4 Skatan
FP-632 Skeppsholmen
FP-98 Skogsgård
FP-33 Skommarbo
FP-619 Slåttholmen
FP-442 Sollerön 442
FP-616 Sollerön 616
FP-28 Solvarbo
FP-91 Stegared
FP-39 Svartnäs
FP-631 Sönersta
FP-451 Sör Amsberg
FP-405 Sör Nedansjö
FP-468 Tjuttorp
FP-98 Torarp
FP-433 Tällby 433
FP-89 Ugglom
FP-125 Våge
FP-44 Västerby
FP-621 Västerhus
FP-36 Yttermyra

FP-22 Åsäng
FP-617 Äxuln
FP-635 Öden
FP-452 Ön 452
FP-612 Örberga
FP-10 Östteg

7.5. Bilaga 5. Fröplantagenummer och namn för de 34 analyserade granfröplantagerna.

Fröplantagenummer och fröplantagenamn
FP-508 Almnäs
FP-19 Björkebo
FP-501 Bredinge
FP-130 Domsjöänget 130
FP-507 Gringelstad
FP-128 Grånäs
FP-70 Gälltofta
FP-13 Hissjön
FP-516 Hjorten
FP-509 Hosaby
FP-31 Högseröd
FP-26 Jung
FP-502 Lilla Istad
FP-7 Lill-Pite
FP-487 Lustnäset 487
FP-52 Maglehem
FP-517 Multrä
FP-496 Myra
FP-512 Målilla
FP-506 Nedra Sandby
FP-511 Pålberget
FP-58 Runesten
FP-65 Rörby
FP-66 Saleby
FP-515 Skallmeja
FP-96 Skogsgård
FP-68 Slogstorp
FP-520 Sollerön
FP-453 Sör Amsberg
FP-518 Söregärde
FP-196 Torarp
FP-504 Ålbrunna
FP-37 Årsunda
FP-444 Ön 444

7.6. Bilaga 6. Referenser till skördestatistik mellan år 1968–1988 från Institutet för skogsförbättring.

Källa

- Johansson, H (1969). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1968/69*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Johansson, H (1970). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1969/70*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Johansson, H (1971). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1970/71*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Werner, M (1972). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1971/72*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Werner, M (1973). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1972/73*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Werner, M (1975). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1973/74*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Werner, M (1976). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1974/75*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Werner, M (1977). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1975/76*. Ekebo, Svalöv: Institutet för skogsförbättring
- Ljunger, Å (1977). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1976/77*. Brunsberg: Institutet för skogsförbättring
- Ljunger, Å (1978). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1977/78*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Ljunger, Å (1979). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1978/79*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Wilhelmsson, L (1980). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1979/80*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Wilhelmsson, L (1981). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1980/81*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Wilhelmsson, L (1982). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1981/82*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Wilhelmsson, L (1983). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1982*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Wilhelmsson, L (1984). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1983*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Wilhelmsson, L (1985). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1984*. Uppsala: Institutet för skogsförbättring
- Andersson, G (1987). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1985*. Sävar: Institutet för skogsförbättring
-

-
- Andersson, G, Wennström, U (1988). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1986*. Sävar: Institutet för skogsförbättring
- Wennström, U (1989). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1987/88*. Sävar: Institutet för skogsförbättring
- Wennström, U (1990). *Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1988*. Sävar: Institutet för skogsförbättring
-

7.7. Bilaga 7- Protokoll markinventering (tagtags användes i fält)

MARKINVENTERING FRÖPLANTAGE	
Plantage:	Datum:
Provyta:	Koordinater:
Finns omkringliggande tallbestånd? 1) Nej 2) Ja	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2
Bedöm vitaliteten? 1) Ymparna är döda. 2) Finns flera döda och de ympar som lever har klena stammar med lite grönmassa. 3) Ungefär 50/50 % är döda/levande. 4) Många ympar är levande och har grova diametrar och grön krona. 5) De flesta ymparna lever med grova stammar och grön krona.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Humusform? 1) Humuslager saknas 2) Mårtyp 1 3) Mårtyp 2 4) Torvartad mår 5) Moder 6) Mulliknande moder 7) Mull 8) Torv	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8
Humusmängd (cm)	
Finns kulturjordmån? 1) Nej 2) Ja	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2
Matjordsmängd (cm)	
Finns blekjord? 1) Nej 2) Ja	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2
Blekjordsmängd (cm)	
Finns rostjord? 1) Nej 2) Ja	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2
Rostjordens undre gräns? (cm från markytan)	

Finns förekomst av rostfläckar? Ska förekomma i minst 25 cm markskikt som börjar inom 40 cm från mineraljordens övre gräns. Minst 5 % av exp. yta består av fläckar. 1) Nej, ingen förekomst av fläckar. 2) Ja, rostfläckar mindre än 5 %. 3) Ja, rostfläckar mer än 5 %.		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3
Bedöm markvegetation		
Bedöm jordart? 1) Sediment högsorterat 2) Sediment lågsorterat 3) Morän 4) Häll 5) Torv		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Textur sediment? 1) Block i groppen 2) Klappersten 3) Grus 4) Grovsand 5) Mellansand 6) Grovmo 7) Finmo 8) Mjåla 9) Ler		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9
Textur morän? 1) Block i groppen 2) Blockig och stenig 3) Grusig 4) Sandig 5) SANDIG-moig 6) Sandig-MOIG 7) Moig 8) Mjällig 9) Lerig		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9
Jordartsbedömningsdjup? (cm från markytan)		
Bedöm jordmån? 1) Podzol 2) Brunjord 3) Kulturljordmån		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3
Ta ett foto av groppen!		
Anteckning		

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2020:04 Författare: Mikaela Casselgård
Effects of 100 years of drainage on peat properties in a drained peatland forest in northern Sweden
- 2020:05 Författare: Therese Prestberg
1900- talets skogsbruk i kronoparksskogar – En skogshistorisk studie om Håckren och Bjurfors kronoparker
- 2020:06 Författare: Nils Södermark
Inverkan av trädslagsval och plantstorlek på tall- och granbestånds anläggningskostnad, skadeutveckling och tillväxt i norra Sveriges kust- och inland
- 2021:01 Författare: Torben Svensson
Tallsåddens potential för återbeskogning av marker med tjocka humustäcken eller torv i norra Sverige.
- 2021:02 Författare: Therese Strömwall Nyberg
Vad betyder det att skydda natur? – En europeisk jämförelse av skyddade områden
- 2021:03 Författare: Oscar Nilzén
The Guardian Forest – sacred trees and ceremonial forestry in Japan
- 2021:04 Författare: Gustaf Nilsson
Riparian buffer zones widths, windthrows and recruitment of dead wood
A study of headwaters in northern Sweden
- 2021:05 Författare: Louise Almén
Naturhälsokartan - Hälsöfrämjande naturområden i Väster- och Österbotten
- 2021:06 Författare: Lisa Lindberg
Trait variation of Lodgepole Pine – do populations differ in traits depending on if they are invasive or in their home range?
- 2021:07 Författare: David Falk
Drivers of topsoil saturated hydraulic conductivity in three contrasting landscapes in Kenya - Restoring soil hydraulic conductivity in degraded tropical landscapes
- 2021:08 Författare: Jon Nordström
En mÄrr som hette Mor – De sista härjedalska hästkörarnas berättelser från tiden innan skogsbrukets mekanisering.
- 2021:09 Författare: Roberto Stelstra
Implementation of native tree species in Rwandan forest plantations – Recommendations for a sustainable sector
- 2021:10 Författare: Kazi Samiul Islam
Effects of warming on leaf – root carbon and nitrogen exchange of an ericaceous dwarf shrub.
- 2021:11 Författare: Ellika Hermansson
Ett riktigt hästarbete –skogsarbete med häst i sydvästra Sverige, förr, nu och i framtiden
- 2021:12 Författare: Fabian Balele
Wildfire dynamics, local people's fire use and underlying factors for wildfires at Liwale